

Trabajo de Fin de Grado

Ingeniería Civil

Aplicación de la Metodología BIM 4D a un Proyecto de Infraestructura Nodal

Autor: Alejandro de Jesús Martín Redondo

Tutor: Blas González González

Dep. Construcciones Arquitectónicas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019



Departamento de
Construcciones
Arquitectónicas 1

Trabajo de Fin de Grado
Ingeniería Civil

Aplicación de la Metodología BIM 4D a un Proyecto de Infraestructura Nodal

Autor:

Alejandro de Jesús Martín Redondo

Tutor:

Blas González González

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Profesor asociado

Dep. de Construcciones Arquitectónicas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019

Proyecto Fin de Carrera: Aplicación de la Metodología BIM 4D a un Proyecto de Infraestructura Nodal

Autor: Alejandro de Jesús Martín Redondo

Tutor: Blas González González

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

A mi familia y amigos

A mi tutor

Agradecimientos

A mis padres, por haberme permitido elegir la opción educativa que siempre he soñado, por la educación que me han dado desde mi infancia, por animarme en las etapas más amargas que se me han presentado durante la época universitaria y, sobre todo, por el esfuerzo que han hecho siempre para que alcance mis objetivos a base de esfuerzo, constancia y humildad hasta el final.

A mi compañera de viaje, Inma, por haber estado presente en una gran parte de la elaboración de este trabajo, por haber estado conmigo tanto en los momentos de agobio como en los más divertidos. Gracias por contagiarme el espíritu de lucha y superación que te ha dado la vida.

A mis amigos, los de la infancia y los que he ido descubriendo durante mi etapa universitaria en Sevilla, a todos ellos, gracias por haber prestado vuestra ayuda y apoyo en los momentos más complicados y, sobre todo, gracias por las horas de biblioteca, risas y cervezas que me habéis regalado.

A mi tutor de Trabajo Fin de Grado y amigo, Blas, por animarme a seguir investigando cada día sobre la metodología BIM, por su dedicación en la Escuela para conseguir la implementación de la metodología BIM en la Universidad de Sevilla y por haberme compartido su sabiduría adquirida gracias a la experiencia que tiene en el sector.

A D. Francisco García Romero, director del Departamento de Formación de la empresa TeamBIMCivil S.L, mi empresa de prácticas de grado, por haberme enseñado prácticamente todo lo que se sabe sobre la metodología BIM. Gracias por haberme tratado como uno más y por haberme regalado mucha sabiduría a cambio de casi nada.

A todos ellos mi más sincero agradecimiento.

Alejandro de Jesús Martín Redondo

Alumno del Grado en Ingeniería Civil

Sevilla, 2019

La metodología BIM es una tecnología que se puede decir que ya está asentada en el sector AEC, ya que cada vez más profesionales están interesados en investigar, trabajar y formarse sobre todo lo que tiene que ver con esta metodología de trabajo colaborativo. Sin embargo, la mayoría de los trabajos que existen hasta el momento están centrados en la fase de diseño de construcciones arquitectónicas y muy pocos o casi ninguno ellos en las construcciones civiles, dejando de lado la importante labor ingenieril de la planificación y gestión de obras civiles.

En el presente Trabajo de Fin de Grado se realiza una investigación acerca de la aplicación de la metodología BIM para obras de ingeniería civil, concretamente, a la planificación BIM 4D de obras de una infraestructura nodal.

En primer lugar, se realiza una revisión documental sobre la situación en la que se encuentra la metodología BIM aplicada a la ingeniería civil, con el objetivo de adquirir las ideas y los conocimientos más relevantes de las líneas de trabajo que se están desarrollando actualmente.

Seguidamente, se realiza un recorrido por los principales métodos de programación de obras que se han desarrollado hasta la actualidad, pasando por sus conceptos claves para poder entender el motor que llevan los nuevos softwares de planificación. Además, se incluye un análisis sobre las ventajas que tiene la planificación BIM 4D y las herramientas que existen en el mercado que se encargan de aplicarla.

Finalmente, y como objetivo principal de este TFG, se lleva a cabo una aplicación práctica sobre la planificación BIM 4D del proyecto de construcción de un aparcamiento subterráneo previamente realizado en CAD. Esta aplicación se ha desarrollado a través del software Synchro PRO desglosando todos los conceptos claves del programa a modo de guía práctica y todos los problemas de interoperabilidad que han ido encontrando.

Como conclusión del trabajo, se realizan una serie de conclusiones y se proponen unas posibles futuras líneas de trabajo para seguir avanzando en la materia de ingeniería civil, la cual tiene mucho que mejorar.

Palabras Clave

BIM, BIM CIVIL, BIM 4D, PROGRAMACIÓN DE OBRAS, PLANIFICACIÓN DE OBRAS

Abstract

BIM methodology is a technology that can be already settled in the AEC sector, as more and more professionals are interested in researching, working and training on everything related to this collaborative work methodology. However, most of existing studies are focused on design phase of architectural constructions and very few or almost none focuses on civil constructions, leaving aside the important engineering work of planning and management of civil constructions.

In this Final Degree Project, an investigation is carried out about application of BIM methodology for civil engineering constructions, specifically, to BIM 4D planning of constructions of a nodal infrastructure.

First, a documentary review is carried out on the situation in which BIM methodology applied to civil engineering is found with the aim of acquiring the most relevant ideas and knowledge of lines of work that are currently being developed.

Then, main methods of programming constructions developed to date are revised, through its key concepts to understand the engine that new planning softwares carry. In addition, an analysis is included on the advantages of BIM 4D planning and the tools that exist in the market that are responsible for applying it.

Finally, and as the main objective of this study, a practical application is carried out on BIM 4D planning of the construction project of an underground car park previously made in CAD. This application has been developed through Synchro PRO software, breaking down all the key concepts of the program as a practical guide and all the interoperability problems they have encountered.

As a completion, a series of conclusions are made and possible future lines of work are proposed to continue advancing in the field of civil engineering, which has much to improve.

Keywords

BIM, BIM CIVIL, BIM 4D, CONSTRUCTIONS PROGRAMMING, CONSTRUCTIONS PLANNING

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xv
Índice de Tablas	xix
Índice de Figuras	xxi
Notación	xxix
1 OBJETO DEL TRABAJO FIN DE GRADO	1
2 INTRODUCCIÓN	3
2.1 <i>Situación de la implantación BIM</i>	3
2.1.1 BuildingSMART International	3
2.1.2 BuildingSMART Spanish Chapter	4
2.1.3 Administraciones Públicas españolas	9
2.2 <i>Aplicación BIM en la Ingeniería Civil</i>	19
2.2.1 ROAD-BIM	19
2.2.2 Infraestructure Room	20
2.2.3 Railway Room	21
2.2.4 Dinamarca	22
2.3 <i>Una aproximación a la Programación de obra</i>	24
2.3.1 Niveles de la programación	24
2.4 <i>Trabajo Colaborativo</i>	25
3 METODOLOGÍA DEL TRABAJO	27
3.1 <i>El Estado del Arte sobre la dimensión BIM 4D</i>	27
3.1.1 Publicaciones en revistas científicas	27
3.1.2 Publicaciones académicas	28
3.1.3 Libros sobre la materia	30
3.1.4 Webs	31
3.2 <i>El proceso hasta llegar al modelo BIM 4D de la obra.</i>	31
3.3 <i>Resultados Comparados</i>	33
4 LA PLANIFICACIÓN EN LAS OBRAS	35
4.1 <i>Condiciones de la Planificación de la Obra</i>	35
4.2 <i>Estructuración de Actividades</i>	36
4.2.1 Significado de la Estructura de Desglose del Trabajo (WBS)	36
4.2.2 Resumen de la WBS	40
4.3 <i>Elementos de un programa de obra</i>	40
4.3.1 Grafos	40
4.3.2 Actividades	42
4.3.3 Sucesos	42
4.3.4 Actividades ficticias	42
4.3.5 Actividades “Hammock”	43

4.3.6	Relaciones de precedencia	44
4.3.7	Hitos	45
4.3.8	Duraciones	46
4.3.9	Tiempos	47
4.3.10	Holguras	48
4.3.11	Camino Crítico	49
4.3.12	Recursos	49
4.4	<i>Métodos de Programación</i>	50
4.4.1	Análisis del Método de GANTT	50
4.4.2	Análisis del Diagrama Espacio-Tiempo	52
4.4.3	Análisis del Método CPM (Camino Crítico)	53
4.4.4	Análisis del Método PERT Probabilístico	54
4.4.5	Análisis del Método de ROY (O de los Potenciales)	57
4.4.6	Análisis del Método EVA (Análisis del Valor Ganado)	58
4.4.7	Comparación	61
4.5	<i>Seguimiento del Programa</i>	61
4.5.1	El Ciclo PDCA	62
4.5.2	Motivos para el seguimiento	63
4.5.3	Línea Base	63
4.5.4	Avance de las actividades	63
4.5.5	Actualización de la planificación	64
4.5.6	Modificación de la ruta crítica	64
5	LA PLANIFICACIÓN 4D	65
5.1	<i>Análisis de las herramientas 4D</i>	67
5.1.1	Análisis de las herramientas existentes en el mercado	67
5.1.2	Comparativa entre herramientas	72
5.1.3	Herramientas crecientes desde 2018	75
5.1.4	Propuesta de herramienta para el TFG	79
5.2	<i>Descripción de la herramienta Synchro PRO</i>	80
5.2.1	Entorno de Trabajo de la Herramienta BIM 4D	81
5.2.2	Interoperabilidad de Synchro PRO	88
5.3	<i>Preparación del Proyecto Synchro</i>	90
5.3.1	Modelo de Revit	95
5.3.2	Importación del Modelo de Revit a Synchro	95
5.3.3	Propiedades Generales	102
5.3.4	Calendario laboral	103
5.4	<i>Actividades a Programar</i>	109
5.5	<i>Estimación de Rendimientos</i>	112
5.6	<i>Actividades en Synchro PRO</i>	114
5.6.1	Introducción de las actividades	114
5.6.2	Enlazar las actividades	115
5.6.3	Propiedades de las actividades	117
5.7	<i>Asociar</i>	118
5.7.1	Métodos para asignación de recursos a tareas	118
5.7.2	Perfiles de Aspecto	121
5.7.3	Subdivisión 3D	123
5.7.4	Grupo de Recursos	125
5.7.5	Crear tareas enlazadas a partir del modelo	128
5.8	<i>Estimación de Duraciones en Synchro</i>	130
5.8.1	Metros Cúbicos	132
5.8.2	Metros Cuadrados	134
5.8.3	Metros	137
5.8.4	Unidad	139
5.9	<i>Introducción de maquinaria</i>	141

6	RESULTADOS	143
6.1	<i>Programa de Obra con Análisis EVA</i>	143
6.2	<i>Simulaciones de la ejecución de obras</i>	143
6.3	<i>Comparación de resultados con la planificación de Proyecto</i>	144
7	CONCLUSIONES	145
8	Futuras líneas de trabajo	147
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149
	ANEJO 1. DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO	
	ANEJO 2. MODELADO 3D EN REVIT	
	ANEJO 4. Rendimientos de las U.O. aplicados	
	ANEJO 5. PROGRAMA DE OBRA	

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Tipos de programación según nivel de detalle. Fuente: Elaboración propia.</i>	25
<i>Tabla 2. Datos de partida del ejemplo. Fuente: Planificación y Gestión de Obras.</i>	48
<i>Tabla 3. Duración de una actividad según el n° de recursos. Fuente: Elaboración propia.</i>	50
<i>Tabla 4. Resumen comparativo entre PERT y CPM. Fuente: La Programación en la Construcción: el PERT en versión completa.</i>	55
<i>Tabla 5. Datos de partida. Fuente: Programación, Planeación y Control de Obras.</i>	56
<i>Tabla 6. Media y Varianza. Fuente: Programación, Planeación y Control de Obras.</i>	56
<i>Tabla 7. Mejoras del ROY. Fuente: La Programación en la Construcción: El PERT en versión completa.</i>	58
<i>Tabla 8. Variables principales del Método EVA. Fuente: Métodos de Planificación y Control de Obras: del diagrama de barras al BIM</i>	60
<i>Tabla 9. Combinatoria de los indicadores. Fuente: Métodos de Planificación y Control de Obras: del diagrama de barras al BIM</i>	61
<i>Tabla 10. Comparativa general de los Métodos de Programación. Fuente: Elaboración propia.</i>	61
<i>Tabla 11. Puntuación respecto a Facilidad de aprendizaje. Fuente: Elaboración propia en base al a Tamer Elgohari.</i>	73
<i>Tabla 12. Puntuación respecto a la madurez del BIM 4D. Fuente: Elaboración propia en base a Tamer Elgohari.</i>	73
<i>Tabla 13. Puntuación respecto Tiempo/Calidad. Fuente: Elaboración propia en base a Tamer Elgohari.</i>	74
<i>Tabla 14. Puntuación respecto Importación/Exportación. Fuente: Elaboración propia en base a Tamer Elgohari.</i>	74
<i>Tabla 15. Puntuación respecto al 5D. Fuente: Elaboración propia en base a Tamer Elgohari.</i>	74
<i>Tabla 16. Formatos de importación de Synchro PRO. Fuente: Manual de Synchro PRO 2017</i>	88

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Diagrama de actividades de la BSSCH. Fuente: BuildingSMART Spain</i>	5
<i>Figura 2. Estadística sobre las universidades pertenecientes al esFAB. Fuente: BuildingSMART Spain</i>	7
<i>Figura 3. Estadística sobre las titulaciones pertenecientes al esFAB. Fuente: BuildingSMART Spain.</i>	7
<i>Figura 4. Hoja de ruta por parte de la Comisión es.BIM. Fuente: www.esbim.es</i>	10
<i>Figura 5. Agentes y organizaciones que forman parte del Comisión. Fuente: Comisión es.BIM</i>	11
<i>Figura 6. Estructura de la Comisión es.BIM. Fuente: Comisión es.BIM</i>	11
<i>Figura 7. Extracto de la clasificación GuBIMClass. Fuente: Infraestructures.cat</i>	16
<i>Figura 8. Esquema organizativo de la CCF. Fuente: Introducción de procesos colaborativos en la Construcción. 88 pasos hacia el BIM</i>	19
<i>Figura 9. Esquema descriptivo del proyecto ROAD-BIM. Fuente: Comisión es.BIM</i>	20
<i>Figura 10. Entorno Común de datos basado en la PAS 1192.2:2013. Fuente: Manual BIM de Obra Civil e Infraestructura.</i>	23
<i>Figura 11. Esquema de la Metodología del Modelado del Proyecto. Fuente: Elaboración Propia.</i>	33
<i>Figura 12. WBS en partes físicas para una vivienda. Fuente: Elaboración propia según [26].</i>	37
<i>Figura 13. WBS por capítulos para una vivienda. Fuente: Elaboración propia según [26].</i>	37
<i>Figura 14. WBS por oficios para una vivienda. Fuente: Elaboración propia según [26].</i>	38
<i>Figura 15. WBS por contratos para una vivienda. Fuente: Elaboración propia según [26].</i>	38
<i>Figura 16. WBS analítica. Fuente: Elaboración propia según [26].</i>	39
<i>Figura 17. WBS como mapa mental para una vivienda. Fuente: Elaboración propia según [26].</i>	39
<i>Figura 18. Grafo del tipo AEA. Fuente: Planificación y Gestión de Obras.</i>	41
<i>Figura 19. Grafo del tipo AEN. Fuente: Planificación y Gestión de Obras.</i>	41
<i>Figura 20. Situación para usar actividad ficticia. Fuente: Planeación, Programación y Control de Obras.</i>	43
<i>Figura 21. Ejemplo de actividad ficticia. Fuente: Planeación, Programación y Control de Obras.</i>	43
<i>Figura 22. Dependencia Directa. Fuente: Planeación, Programación y Control de Obras.</i>	44
<i>Figura 23. Dependencia Compartida. Fuente: Planeación, Programación y Control de Obras.</i>	44
<i>Figura 24. Dependencia Múltiple. Fuente: Planeación, Programación y Control de Obras.</i>	44
<i>Figura 25. Efecto de Cruz. Fuente: Planeación, Programación y Control de Obras.</i>	45
<i>Figura 26. El momento más temprano. Fuente: Planificación y Gestión de Obras.</i>	47
<i>Figura 27. El momento más tardío. Fuente: Planificación y Gestión de Obras.</i>	48
<i>Figura 28. Resultado final del ejemplo. Fuente: Planificación y Gestión de Obras.</i>	48
<i>Figura 29. Cálculo del Camino Crítico del ejemplo. Fuente: Planificación y Gestión de Obras.</i>	49
<i>Figura 30. El tradicional diagrama de barras. Fuente: Métodos y técnicas de planificación y control de proyectos</i>	51
<i>Figura 31. Características aportadas por los nuevos programas. Fuente: Métodos de Planificación y Control de Obras: del Diagrama de Barras al BIM.</i>	51
<i>Figura 32. Diagrama Espacio-Tiempo de Obra Lineal. Fuente: blog Todo Ingeniería Civil</i>	52
<i>Figura 33. Diagrama Espacio-Tiempo de Obra de Edificación. Fuente: blog Todo Ingeniería Civil</i>	53

Figura 34. Red PERT. Fuente: Programación, Planeación y Control de Obras.	56
Figura 35. Grafo del ROY vs PERT/CPM. Fuente: Planificación y Gestión de Obras	57
Figura 36. Actividad ficticia vs no actividad ficticia. Fuente: Planificación y Gestión de Obras	57
Figura 37. Ciclo PDCA. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 38. Ventajas que ofrece la Planificación BIM4D. Fuente: Elaboración Propia.	67
Figura 39. Entorno de Synchro PRO. Fuente: Elaboración propia	68
Figura 40. Entorno de Navisworks. Fuente: www.cadbim3d.com	69
Figura 41. Entorno de Vico Office. Fuente: www.comparasoftware.com	70
Figura 42. Entorno de iTWO. Fuente: RIB A/S	71
Figura 43. Entorno de Navigator. Fuente: General comparison between 4D softwares.	72
Figura 44. Gráfico comparativo de herramientas BIM 4D. Fuente: TFM Juan Bautista Bermejo	75
Figura 45. Entorno de Plan-It. Fuente: www.rib-software.es	76
Figura 46. Entorno de Asta PowerProject. Fuente: astapowerproject.net	77
Figura 47. Entorno de la herramienta PriMus KRONO. Fuente: www.accasoftware.com	78
Figura 48. Entorno del software Trimble TILOS. Fuente: Construction Trimble.	79
Figura 49. Plataformas de Synchro. Fuente: https://www.synchro ltd.com/	81
Figura 50. Entorno de trabajo de Synchro PRO. Fuente: Elaboración Propia.	81
Figura 51. Panel de Perfiles de apariencia del Navegador. Fuente: Elaboración Propia.	84
Figura 52. Panel de Objetos 3D. Fuente: Elaboración Propia.	85
Figura 53. Panel de Recursos. Fuente: Elaboración Propia.	85
Figura 54. Entorno del Diagrama de Gantt. Fuente: Elaboración Propia.	86
Figura 55. Selección de arriba abajo. Fuente: S.F. Gabarró, “Planificación 4D con Synchro PRO”.	87
Figura 56. Selección de abajo a arriba. Fuente: S.F. Gabarró, “Planificación 4D con Synchro PRO”.	87
Figura 57. Preferencias de la Ventana 3D. Fuente: Elaboración Propia.	87
Figura 58. Ajustes Rápidos. Fuente: Elaboración Propia.	87
Figura 59. Posibilidades de Importación de Synchro. Fuente: Elaboración propia.	89
Figura 60. Seleccionar “Siguierte” en los dos primeros pasos. Fuente: Elaboración Propia.	90
Figura 61. Seleccionar “Import” en el último paso. Fuente: Elaboración Propia.	91
Figura 62. Cuadro “Asistente de Recursos”. Fuente: Elaboración Propia.	91
Figura 63. Datos del Nuevo Recurso. Fuente: Elaboración Propia.	92
Figura 64. Alternativas de Creación de Recursos. Fuente: Elaboración Propia.	92
Figura 65. Resultado de la opción “Agregar Recursos debajo. No construir un árbol”. Fuente: Elaboración Propia.	92
Figura 66. Resultado de la opción “Agregar Recursos debajo. No construir un árbol”. Fuente: Elaboración Propia.	93
Figura 67. Resultado de la opción “Asignar a este Recurso, construir árbol”. Fuente: Elaboración Propia.	93
Figura 68. Resultado de la opción “Agregar recursos debajo, construir árbol”. Fuente: Elaboración Propia.	94
Figura 69. Selección del Firme en el modelo. Fuente: Elaboración Propia.	94

Figura 70. Ubicación del plugin de exportación a Synchro. Fuente: Elaboración Propia.	95
Figura 71. Mensaje de error por incompatibilidad de versiones Revit-Synchro. Fuente: Elaboración Propia.	96
Figura 72. Proceso de importación del modelo IFC. Fuente: Elaboración Propia.	96
Figura 73. Menú de exportación a IFC. Fuente: Elaboración Propia.	97
Figura 74. Configuración de la pestaña “General”. Fuente: Elaboración Propia.	97
Figura 75. Configuración de la pestaña “Contenido adicional”. Fuente: Elaboración Propia.	97
Figura 76. Configuración de la pestaña “Conjunto de Propiedades”. Fuente: Elaboración Propia.	98
Figura 77. Configuración de la pestaña “Nivel de detalle”. Fuente: Elaboración Propia.	98
Figura 78. Informe de importación del modelo “Existente”. Fuente: Elaboración Propia	99
Figura 79. Resultado de la importación del archivo “Existente”. Fuente: Elaboración Propia.	99
Figura 80. Informe de importación del archivo “Resultado Final”. Fuente: Elaboración Propia.	99
Figura 81. Resultado de la importación del archivo “Resultado Final”. Fuente: Elaboración propia.	100
Figura 82. Importación de los dos archivos que faltan. Fuente: Elaboración Propia.	100
Figura 83. Cambio de colores de los Objetos 3D que se han importado. Fuente: Elaboración Propia.	101
Figura 84. Aspecto del archivo “Resultado Final” tras el cambio de colores. Fuente: Elaboración Propia.	101
Figura 85. Modificaciones del Formato de Visualización de Horas. Fuente: Elaboración Propia.	102
Figura 86. Cambio de Moneda de Proyecto. Fuente: Elaboración Propia.	103
Figura 87. Calendario de la Construcción 2019 en Sevilla según Convenio. Fuente: Documento del Convenio	104
Figura 88. Resumen de las horas y días laborables por mes según Convenio. Fuente: Documento del Covenio.	105
Figura 89. Configuración de los días del Calendario de trabajo en Synchro PRO. Fuente: Elaboración Propia.	108
Figura 90. Introducción de bloques de tiempo de trabajo. Fuente: Elaboración Propia.	109
Figura 91. Proceso de exportación del presupuesto a Excel. Fuente: Elaboración Propia.	113
Figura 92. Resultado de la exportación del presupuesto a Excel. Fuente: Elaboración Propia.	113
Figura 93. Reglas de rendimiento introducidas en Synchro PRO. Fuente: Elaboración Propia	114
Figura 94. Desglose de las tareas del Plan de Obra. Fuente: Elaboración Propia.	115
Figura 95. Proceso de introducción de enlaces desde Propiedades de Tarea. Fuente: Elaboración Propia.	116
Figura 96. Proceso de introducción de enlaces mediante Enlazar como Cadena. Fuente: Elaboración Propia.	116
Figura 97. Resultado de la introducción de enlaces. Fuente: Elaboración Propia.	117
Figura 98. Propiedades de la tarea “Vaciado F1 Zona Cid”. Fuente: Elaboración Propia.	118
Figura 99. Selección de los recursos a aislar. Fuente: Elaboración Propia.	119
Figura 100. Aislar los recursos seleccionados. Fuente: Elaboración Propia.	120
Figura 101. Resultado de asilar todas las vigas seleccionadas. Fuente: Elaboración Propia.	120
Figura 102. Selección del Perfil de Aspecto en la Barra de Herramientas Rápidas. Fuente: Elaboración Propia.	120
Figura 103. Resultado de la Asignación de puntales. Fuente: Elaboración Propia.	121

Figura 104. Funcionamiento de Perfiles de Aspecto. Fuente: Planificación 4D con Synchro PRO.	121
Figura 105. Ubicación del panel Perfiles de Aspecto. Fuente: Elaboración Propia.	122
Figura 106. Especificaciones de los Perfiles de Aspecto. Fuente: Elaboración Propia.	122
Figura 107. Usar un Plano de Corte como dirección de crecimiento. Fuente: Elaboración Propia.	123
Figura 108. Ubicación de la pestaña Subdivisión 3D. Fuente: Elaboración Propia.	123
Figura 109. Zona verde que se va a subdividir. Fuente: Elaboración Propia.	124
Figura 110. Procedimiento de Subdivisión 3D a Mano Alzada. Fuente: Elaboración Propia.	125
Figura 111. Resultado final de la Subdivisión 3D. Fuente: Elaboración Propia.	125
Figura 112. Selección de recursos para la tarea “Forjado de Placas Alveolares”. Fuente: Elaboración Propia.	126
Figura 113. Cuadro Asistente de Recursos. Fuente: Elaboración Propia.	126
Figura 114. Datos del Nuevo Recurso. Fuente: Elaboración Propia.	126
Figura 115. Opciones de creación de Recursos. Fuente: Elaboración Propia.	127
Figura 116. Desasignación de los Recursos de los Objetos 3D. Fuente: Elaboración Propia.	127
Figura 117. Resultado de la asignación del grupo de recursos de forjado. Fuente: Elaboración Propia.	128
Figura 118. Aislamiento de las pantallas. Fuente: Elaboración Propia.	128
Figura 119. Selección de los Recursos 3D para crear nuevas tareas enlazadas. Fuente: Elaboración Propia.	129
Figura 120. Crear tareas bajo la tarea seleccionada. Fuente: Elaboración Propia.	129
Figura 121. Resultado final de la creación de tareas enlazadas a partir del modelo. Fuente: Elaboración Propia.	129
Figura 122. Ejemplo de estimación de duraciones con Cantidad Física. Fuente: Elaboración Propia.	130
Figura 123. Ventana “Intérprete de Script”. Fuente: Elaboración Propia.	131
Figura 124. Selección de las tareas afectadas por el Script de metros cúbicos. Fuente: Elaboración Propia.	132
Figura 125. Ejecución del Script para los metros cúbicos. Fuente: Elaboración Propia.	133
Figura 126. Resultado de la ejecución del Script para los metros cúbicos. Fuente: Elaboración Propia.	134
Figura 127. Propiedades de las pantallas importadas de Revit. Fuente: Elaboración Propia.	134
Figura 128. Ejecución del Script para los metros cuadrados. Fuente: Elaboración Propia.	135
Figura 129. Resultado de la ejecución del Script para metros cuadrados. Fuente: Elaboración Propia.	136
Figura 130. Ejecución del Script para las pantallas. Fuente: Elaboración Propia.	136
Figura 131. Selección de las tareas afectadas por el Script metros. Fuente: Elaboración Propia.	137
Figura 132. Ejecución del Script para los metros. Fuente: Elaboración Propia.	138
Figura 133. Resultado de la ejecución del Script para metros. Fuente: Elaboración Propia.	138
Figura 134. Creación del Campo de Usuario “Contar”. Fuente: Elaboración Propia.	139
Figura 135. Selección de las tareas para aplicarles el campo de usuario. Fuente: Elaboración Propia.	140
Figura 136. Asignación del Campo de Usuario a los recursos seleccionados. Fuente: Elaboración Propia.	140

Figura 137. Ejecución del Script para las unidades. Fuente: Elaboración Propia.	140
Figura 138. Resultado de la ejecución del Script para las unidades. Fuente: Elaboración Propia.	141
Figura 139. Inclusión de maquinaria a una tarea. Fuente: Fundación Laboral de la Construcción	142
Figura 140. Simulación de la ejecución de la obra. Fuente: Elaboración Propia.	144
Figura 141. Niveles del Proyecto. Fuente: Elaboración Propia.	2
Figura 142. Resultado final de la colocación de los módulos de Pantalla. Fuente: Elaboración Propia.	2
Figura 143. Pestaña Ubicación. Fuente: Elaboración Propia.	3
Figura 144. Ubicación del proyecto. Fuente: Elaboración Propia.	3
Figura 145. Pestaña Especificar coordenadas en un punto. Fuente: Elaboración Propia.	3
Figura 146. Introducción de las coordenadas del punto de referencia. Fuente: Elaboración Propia.	4
Figura 147. Punto Base con las coordenadas de referencia. Fuente: Elaboración Propia.	4
Figura 148. Fragmento del plano “Clasificación de Pórticos. Planta”. Fuente: Elaboración Propia	5
Figura 149. Resultado de introducción de Rejillas. Fuente: Elaboración Propia.	5
Figura 150. Información de la documentación entregada. Fuente: Autor del proyecto de referencia.	8
Figura 151. Formas de introducir datos en Revit. Fuente: Elaboración Propia.	9
Figura 152. Fases utilizadas en el modelo. Fuente: Elaboración Propia.	10
Figura 153. Filtros de fases utilizados en el modelo. Fuente: Elaboración Propia	11
Figura 154. Gráficos utilizados en el modelo. Fuente: Elaboración Propia.	11
Figura 155. Zona de imposible colocación de placas alveolares. Fuente: Elaboración Propia.	12
Figura 156. Zona de imposible colocación de placas alveolares. Fuente: Elaboración Propia.	13
Figura 157. Desplazamiento del pórtico P15. Fuente: Elaboración Propia.	14
Figura 158. Editor de familias. Fuente: Elaboración Propia.	3
Figura 159. Crear una extrusión. Fuente: Elaboración Propia	3
Figura 160. Extrusión de la geometría de la pantalla. Fuente: Elaboración Propia	3
Figura 161. Propiedades principales de la extrusión de la pantalla. Fuente: Elaboración Propia.	4
Figura 162. Menú desplegable para definir la categoría de la familia. Fuente: Elaboración Propia	4
Figura 163. Resultado final de la familia de pantalla. Fuente: Elaboración Propia.	5
Figura 164. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_intermedia_72. Fuente: Elaboración Propia.	5
Figura 165. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_intermedia_169. Fuente: Elaboración Propia.	5
Figura 166. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_clave_73. Fuente: Elaboración Propia.	6
Figura 167. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_Clave_168- Fuente: Elaboración Propia.	6
Figura 168. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_esquina_255_256. Fuente: Elaboración Propia.	6
Figura 169. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_esquina_264_265. Fuente: Elaboración Propia.	7
Figura 170. Módulo de Pantalla en AutoCAD. Fuente: Elaboración Propia.	7
Figura 171. Resultado de importación. Fuente: Elaboración Propia	7
Figura 172. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_esquina_41_42. Fuente: Elaboración	

<i>Propia.</i>	8
<i>Figura 173. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_esquina_115_116. Fuente: Elaboración Propia.</i>	8
<i>Figura 174. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_esquina_124_125. Fuente: Elaboración Propia.</i>	8
<i>Figura 175. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_esquina_206_207. Fuente: Elaboración Propia.</i>	9
<i>Figura 176. Extrusión de a base del pilar. Fuente: Elaboración Propia.</i>	9
<i>Figura 177. Extrusión de la geometría de los dinteles de la familia Pilar_intermedio_P-1. Fuente: Elaboración Propia.</i>	10
<i>Figura 178. Aspecto final de la familia Pilar_intermedio_P-1. Fuente: Elaboración Propia.</i>	10
<i>Figura 179. Extrusión de la geometría de los dinteles de la familia Pilar_intermedio_P-2. Fuente: Elaboración Propia.</i>	11
<i>Figura 180. Extrusión de la geometría del dintel del Pilar_Rampa_P-1. Fuente: Elaboración Propia.</i>	12
<i>Figura 181. Aspecto final del Pilar_Rampa_P-1. Fuente: Elaboración Propia.</i>	12
<i>Figura 182. Extrusión de la geometría del dintel del Pilar_Rampa_P-2. Fuente: Elaboración Propia.</i>	13
<i>Figura 183. Extrusión de la geometría del tercer dintel del Pilar_intermedio_3_P-1. Fuente. Elaboración Propia-</i>	14
<i>Figura 184. Aspecto final del Pilar_intermedio_3_P-1. Fuente: Elaboración Propia.</i>	14
<i>Figura 185. Extrusión de la geometría del tercer dintel del Pilar_intermedio_P-2. Fuente: Elaboración Propia.</i>	15
<i>Figura 186. Extrusión geometría del tercer dintel Pilar_intermedio_3_P-1_viga_baja. Fuente: Elaboración Propia.</i>	15
<i>Figura 187. Aspecto final del Pilar_intermedio_3_P-1_viga_baja. Fuente: Elaboración Propia.</i>	16
<i>Figura 188. Extrusión geometría del tercer dintel del Pilar_intermedio_3_P-2_viga_baja. Fuente: Elaboración Propia.</i>	16
<i>Figura 189. Extrusión de la geometría del cuarto dintel del Pilar_raro_P-1. Fuente: Elaboración Propia.</i>	17
<i>Figura 190. Aspecto final del Pilar_raro_P-1. Fuente: Elaboración Propia.</i>	18
<i>Figura 191. Extrusión de la geometría del cuarto dintel del Pilar_raro_P-2. Fuente: Elaboración Propia.</i>	18
<i>Figura 192. Cargar familia en Revit desde la biblioteca. Fuente: Elaboración Propia.</i>	19
<i>Figura 193. Ubicación de la familia Zapata-Rectangular. Fuente: Elaboración Propia</i>	19
<i>Figura 194. Propiedades de tipo de la familia Zapata-Rectangular. Fuente: Elaboración Propia.</i>	20
<i>Figura 195. Propiedades de tipo para las vigas riostras entre zapatas. Fuente: Elaboración Propia.</i>	20
<i>Figura 196. Ruta para la creación de la Losa de Cimentación estructural. Fuente: Elaboración Propia.</i>	21
<i>Figura 197. Creación de un nuevo tipo de Losa de Cimentación. Fuente: Elaboración Propia.</i>	21
<i>Figura 198. Modificación de las capas para crear Capa de Encachado. Fuente: Elaboración Propia.</i>	21
<i>Figura 199. Modificación de las capas para crear Losa de Cimentación. Fuente: Elaboración Propia.</i>	22
<i>Figura 200. Propiedades de tipo para la viga perimetral de 50x50cm. Fuente: Elaboración Propia.</i>	22
<i>Figura 201. Propiedades de tipo para la viga perimetral de 50x120 cm. Fuente: Elaboración Propia.</i>	23
<i>Figura 202. Ubicación de la familia Viga en L. Fuente: Elaboración Propia.</i>	23

<i>Figura 203. Parámetros bloqueados de la familia viga en L. Fuente: Elaboración Propia.</i>	24
<i>Figura 204. Desbloqueo de parámetros de la familia viga en L. Fuente: Elaboración Propia.</i>	24
<i>Figura 205. Identificación de los parámetros de la viga en L. Fuente: Elaboración Propia.</i>	24
<i>Figura 206. Dimensiones de los tipos de la familia de viga en L. Fuente: Elaboración Propia.</i>	25
<i>Figura 207. Pórtico tipo emparrillado en AutoCAD. Fuente: Elaboración Propia.</i>	25
<i>Figura 208. Extrusión de la geometría del pórtico Emparrillado_P-1. Fuente: Elaboración Propia.</i>	26
<i>Figura 209. Extrusión de la geometría del pórtico Emparrillado_P-2. Fuente: Elaboración Propia.</i>	26
<i>Figura 210. Extrusión de la geometría de las vigas que forman los pórticos. Fuente: Elaboración Propia.</i>	27
<i>Figura 211. Aspecto final de la viga rectangular para los pórticos. Fuente: Elaboración Propia.</i>	27
<i>Figura 212. Propiedades de las placas alveolares definidas en proyecto. Fuente: Elaboración Propia.</i>	28
<i>Figura 213. Ubicación de la familia de Losa de placa alveolar-PP25CA. Fuente: Elaboración Propia.</i>	29
<i>Figura 214. Proceso de creación el ejemplar de 9 alveolos. Fuente: Elaboración Propia.</i>	29
<i>Figura 215. Menú desplegable para definir la categoría a la que pertenece la familia. Fuente: Elaboración Propia.</i>	30
<i>Figura 216. Modificación de las capas del tipo “Capa de Compactación de 5 cm”. Fuente: Elaboración Propia.</i>	31
<i>Figura 217. Ubicación de la pestaña Escalera. Fuente: Elaboración Propia.</i>	31
<i>Figura 218. Propiedades de ejemplar de la escalera de hormigón moldeada in situ. Fuente: Elaboración Propia.</i>	32
<i>Figura 219. Ejecución de un tramo de escaleras. Fuente: Elaboración Propia.</i>	32
<i>Figura 220. Extrusión de la geometría de la Viga_Rampa_Prefabricada_0,30x0,15. Fuente: Elaboración Propia.</i>	32
<i>Figura 221. Modificación de las capas del tipo “Losa 30 cm para rampa”. Fuente: Elaboración Propia.</i>	33
<i>Figura 222. Herramientas de dibujo para suelos. Fuente: Elaboración Propia.</i>	33
<i>Figura 223. Categoría de las masas de movimiento de tierras. Fuente: Elaboración Propia.</i>	34
<i>Figura 224. Masas creadas para la simulación del Movimiento de Tierras. Fuente: Elaboración Propia.</i>	34
<i>Figura 225. Herramientas de modelado del Editor in situ. Fuente: Elaboración Propia.</i>	35
<i>Figura 226. Vaciado Fase 1 de la Zona Portugal. Fuente: Elaboración Propia.</i>	35
<i>Figura 227. Composición de las capas para el suelo del acerado. Fuente: Elaboración Propia.</i>	36
<i>Figura 228. Composición de las capas para el suelo del acerado de las zonas interiores. Fuente: Elaboración Propia.</i>	36
<i>Figura 229. Composición de las capas para el suelo del carril bici. Fuente: Elaboración Propia.</i>	37
<i>Figura 230. Composición de las capas para el suelo de la entrada de vehículos. Fuente: Elaboración Propia.</i>	37
<i>Figura 231. Composición de las capas para el suelo del acceso a paso de peatones. Fuente: Elaboración Propia.</i>	37
<i>Figura 232. Propiedades de la extrusión de los bordillos. Fuente: Elaboración Propia.</i>	38
<i>Figura 233. Composición de las capas para el suelo de las zonas verdes. Fuente: Elaboración Propia.</i>	38
<i>Figura 234. Composición de las capas del suelo para firmes. Fuente: Elaboración Propia.</i>	39

BIM	Building Information Modelling
TFG	Trabajo Fin de Grado
TFM	Trabajo Fin de Máster
IFC	Industry Foundation Classes
LOD	Level Of Development
CAD	Computer – Aided Design
AEC	Architecture, Engineering and Construction
IAI	International Alliance for interoperability
PAS	Publically Available Specification
EDT	Estructura de Desglose del Trabajo
WBS	Work Breakdown Structure
ISO	International Organization for Standardization
CPM	Critical Path Method
PERT	Program Evaluation and Review Technique
EVA	Earned Value Analysis
P.K.	Punto Kilométrico
Km	Kilómetro (Unidad del SI)
m	Metro (Unidad del SI)
cm	Centímetro (Unidad del SI)
AVI	Audio Video Interleave
UK	United Kingdom
UNE	Una Norma Española
GIS	Geographic Information System
EEUU	Estados Unidos

1 OBJETO DEL TRABAJO FIN DE GRADO

*Incluso un camino sinuoso, difícil, nos puede conducir a
la meta si no lo abandonamos hasta el final*

- Paulo Coelho -

El presente Trabajo de Fin de Grado bajo el título de “Aplicación de la Metodología BIM a un Proyecto de Infraestructura Nodal”, redactado por el alumno del Grado en Ingeniería Civil Alejandro de Jesús Martín Redondo, cuyo tutor es el profesor Ingeniero de Caminos Canales y Puertos D. Blas González González y en calidad de cotutor el Ingeniero de Caminos Canales y Puertos D. Juan Peña Sancho, toma como objeto la consecución de la graduación del alumno en dicho Grado impartido en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla.

Este TFG que se enmarca más en un trabajo de investigación que en un proyecto de ejecución, pretende realizar una aproximación de la programación de una obra aplicando la tecnología BIM a un proyecto realizado con la metodología CAD (situación que se prevé que va a ser la más repetida en los próximos años, si la Administración decide implantar con rotundidad la innovación BIM en el sector de las obras civiles) utilizando una avanzada herramienta BIM 4D de planificación de obras, que actualmente es una de las referentes en esta dimensión BIM.

2 INTRODUCCIÓN

2.1 Situación de la implantación BIM

En el siguiente epígrafe se pretende realizar un análisis de cómo ha sido el proceso de implantación BIM durante los últimos años a nivel internacional, europeo y nacional. Se realiza una descripción de las distintas asociaciones o grupos de trabajo que se han ido creado con el objetivo común de conseguir una íntegra implantación de esta metodología.

A continuación, se va a exponer una pequeña aproximación a las organizaciones y grupos de trabajo que trabajan sobre el desarrollo de la implantación de la tecnología BIM.

2.1.1 BuildingSMART International

Según se recoge en el apartado en el que se habla de la historia de la asociación[1], Autodesk organizó en 1995, junto a doce compañías más, una alianza para poner en valor los beneficios que podría traerles la interoperabilidad (un intercambio de información completo) entre los softwares más usados en la industria de la construcción.

Las compañías originales eran:

- Autodesk
- Archibus
- AT&T
- Carrier Corporation
- HOK Architects
- Honeywell
- Jaros Baum & Bolles
- Lawrence Berkeley Laboratory
- Primavera Software
- Softdesk Software
- Timberline Software
- Tishman Construction

Después de un año de trabajo, las compañías llegaron a tres conclusiones. Primero, la interoperabilidad era viable y tenía una increíble potencia comercial. Segundo, que los estándares debían ser abiertos e internacionales, y no privados. Y finalmente, que la alianza debía abrir su afiliación a todas las partes interesadas en todo el mundo.

La alianza internacional de la interoperabilidad (International Alliance for Interoperability, IAI) fue establecida en mayo de 1996 en Londres en un encuentro entre representantes de Norte América, Europa y Asia.

La IAI estableció capítulos individuales para cada país y en algunas ocasiones por regiones o área de lenguaje.

El 11 de enero de 2008, la IAI cambió su nombre por el de buildingSMART para mejorar el enfoque de su naturaleza y los objetivos de la organización:

- La palabra BUILDING tiene que ver con el entorno de la construcción al completo y la BuildingSMART ha crecido tanto que no solo satisface a la industria de la edificación, sino que

también está presente en la industria de la infraestructura.

- SMART, la segunda parte de BuildingSMART, es capaz de distinguir la forma en la que se quiere construir, es decir, de una manera inteligente, con interoperabilidad y trabajo en equipo para así diseñar, construir y trabajar en el entorno de la construcción.

La asociación tiene tres programas principales: Estándares, Conformidad y Capítulo. De forma colectiva estos programas han tratado de conducir el desarrollo y el uso activo de los estándares abiertos internacionalmente reconocidos, herramientas, formación y regímenes de certificación para apoyar la gran aceptación del BIM por parte de propietarios, gestores, industrias del sector AEC y facilities Management.

La BuildingSMART es la autoridad internacional que reconoce los diferentes conjuntos de estándares conocidos como the Industry Foundation Class family (IFC), los cuales se consideran el formato de intercambio común entre softwares.

La asociación está formada por una serie de capítulos y miembros. Los capítulos se consideran como miembros locales de la organización en una serie de países que están concienciados con la implementación del BIM.

Actualmente la asociación está constituida por los 18 capítulos siguientes[2]:

- Australia
- Austria
- Benelux (Unión aduanera y económica de Bélgica, Países Bajos y Luxemburgo)
- Canadá
- China
- Francia
- Alemania
- Italia
- Japón
- Corea
- Nordic (Dinamarca, Finlandia, Suecia)
- Noruega
- Rusia
- Singapur
- España
- Suiza
- Reino Unido e Irlanda
- Estados Unidos

2.1.2 BuildingSMART Spanish Chapter

La BuildingSMART Spanish Chapter[3], la cual forma parte de la BuildingSMART International, es una asociación sin ánimo de lucro cuyo principal objetivo es fomentar la eficacia en el sector de la construcción a través del uso de estándares abiertos de interoperabilidad sobre BIM para alcanzar nuevos niveles en reducción de costes y tiempos de ejecución y aumento de la calidad.

La Asociación está formada por todos los agentes del sector AEC: Promotores/inversores, Constructoras, Empresas de Ingeniería, Estudios de Arquitectura, Desarrolladores de Software, Facility y Project Managers, Centros de Investigación, Fabricantes de Productos y Materiales, Universidades y Administraciones Públicas.

Los objetivos de la asociación son los siguientes:

- Desarrollar y mantener estándares BIM internacionales, abiertos y neutros (OpenBIM).
- Acelerar la interoperabilidad en el sector de la construcción mediante casos de éxito.
- Proporcionar especificaciones, documentación y guías de referencia.
- Identificar y resolver los problemas que impiden el intercambio de información.
- Extender el uso de esta tecnología y los procesos asociados a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio y englobando a todos los agentes participantes.

A continuación, se muestran una serie de iniciativas para la difusión e implantación por parte del capítulo español de la BuildingSMART. Según la Memoria Anual de Actividades de 2018 de dicha asociación[4], estas actividades se basan en tres grandes líneas:

- Aceleración BIM: se trata de acciones encaminadas a aumentar el nivel de madurez BIM a través de la colaboración entre los diferentes organismos que se ven implicados en el sector AEC, así como el desarrollo de acciones formativas relacionadas con el uso de estándares abiertos.
- Estandarización: acciones con el objetivo de establecer una serie de estándares a los proyectos BIM: alcance y criterios del modelado, protocolos de gestión de la información y formatos de intercambio.
- Comunicación y difusión: se trata de la ejecución de acciones dirigidas especialmente a sensibilizar a los diferentes agentes de las ventajas que aporta el uso de BIM y sus estándares asociados.

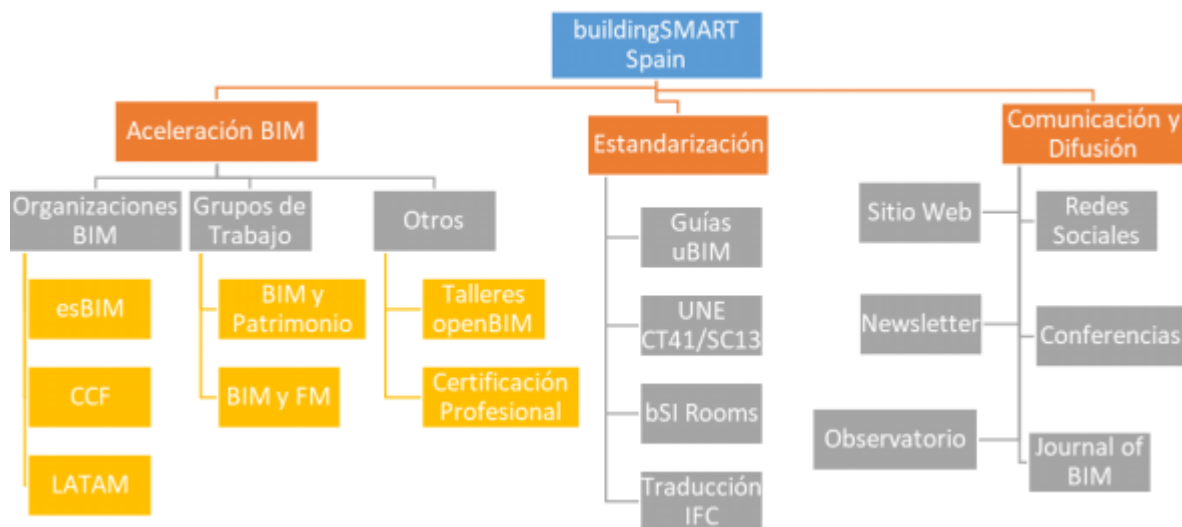


Figura 1. Diagrama de actividades de la BSSCH. Fuente: BuildingSMART Spain

En los siguientes apartados se va a profundizar en algunos de los apartados que se consideran más interesantes de los que se han introducido en el esquema superior.

2.1.2.1 Organizaciones BIM

Una de estas organizaciones es LATAM. En la actualidad, buildingSMART no está constituido como Chapter en ningún país de Latinoamérica. Por tanto, desde el capítulo español se colabora con la industria de estos países para poder constituir una organización que promueva el uso de BIM basado en estándares abiertos.

Durante el año 2018 se tuvieron diferentes conversaciones con entidades y personas de relevancia de México, Chile, Argentina o Perú, en la que se puede observar tanto el aumento del nivel de madurez del BIM, como el interés de crear un capítulo de la BuildingSMART.

2.1.2.2 Grupos de Trabajo

➤ BIM para Patrimonio Cultural (LEGEND-HBIM)

El patrimonio cultural presenta características singulares que lo diferencian radicalmente de las nuevas obras de arquitectura. Estas características convierten en necesaria la adopción de la metodología BIM para darle un tratamiento adecuado a los edificios culturales históricos.

Los objetivos del grupo de trabajo son los siguientes:

- Generar especificaciones documentales y guías de uso
- Promover seminarios o cursos para difundir el uso de esta metodología y tecnología asociada en el sector de la restauración y la rehabilitación.

Siguiendo sus objetivos, el grupo de trabajo desarrollo el pasado año la Guía de BIM aplicado al Patrimonio Cultural, en la cual han participado de forma desinteresada 40 profesionales independientes.

➤ BIMy FM

Se trata del grupo de trabajo “BIM para propietarios y gestores de activos”, cuyos objetivos son los siguientes:

- Estudiar los beneficios del BIM para este sector.
- Crear buenas prácticas.
- Adaptar y adoptar estándares.
- Definir el modelo de información BIM para gestores y propietarios de edificios.

➤ El Foro Académico BIM de España, esFAB

El Foro Académico BIM España[5] es una red académica sin ánimo de lucro centrado en fomentar el uso y buenas prácticas de la metodología BIM y las oportunidades de innovación que esta ofrece en las que entidades/organizaciones públicas y privadas responsables de la formación reglada de los profesionales del sector de la construcción en nuestro país.

La principal misión del foro es la creación de una red académica para desarrollar y promover la formación, el aprendizaje y la investigación sobre BIM a través de la colaboración y cooperación entre sus miembros y otras entidades y organismos, cuya finalidad incluya la mejora productiva de la construcción.

Los objetivos principales del foro académico son:

- Promocionar y difundir BIM desde el ámbito académico a todos los agentes del sector AEC.
- Analizar y valorizar los procesos de enseñanza, aprendizaje e investigación de la metodología BIM.
- Promover la creación de un grupo activo de profesores e investigadores para desarrollar actividades de enseñanza-aprendizaje e investigación con metodología BIM
- Establecer un foro de discusión abierto, para compartir experiencias, conocimientos y casos de éxito.
- Unificar criterios sobre la implantación de BIM en los estudios de grado profesional, grado y posgrado universitario, para contribuir a una estrategia común en la política universitaria en todos los ámbitos que afecten al nivel de implantación e integración en los planes de estudio AEC, la planificación y estrategia a seguir y la financiación necesaria para llevarla a cabo.
- Promover y facilitar la adquisición de competencias BIM específicas para profesionales, equipos de trabajo y organizaciones del sector AEC, con el fin de cumplir con la misión de la universidad de abarcar todo el ciclo de vida formativo de las personas, incluyendo la formación continua a lo largo de la vida profesional.
- Ser un organismo interlocutor y de asesoramiento académico, de investigación y formativo en el

ámbito de BIM y la gestión integrada de proyectos en todas las iniciativas y proyectos en los que la formación reglada profesional y/o universitaria se ve involucrada.

- Formar parte de la estrategia española esBIM del Ministerio de Fomento y participar en su desarrollo y funcionamiento.
- Promover la creación y participación en foros académicos BIM a nivel internacional.
- Colaborar en acciones científicas y divulgativas BIM como congresos, jornadas, publicaciones, etc.

En la actualidad, el foro está compuesto por un total de 27 universidades españolas.

■ TOTALES INGENIERÍA-ARQ ENCUESTA BIM 27
 ■ TOTALES INGENIERÍA-ARQ SIN ENCUESTA 92

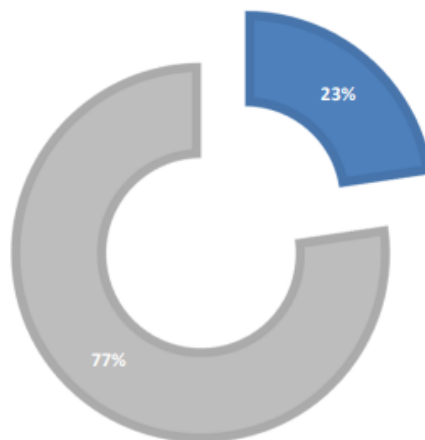


Figura 2. Estadística sobre las universidades pertenecientes al esFAB. Fuente: BuildingSMART Spain

■ ARQUITECTURA 11
 ■ INGENIERÍA CIVIL 6
 ■ INGENIERÍA INDUSTRIAL 5
 ■ EDIFICACIÓN/ARQ.TÉCNICA 16

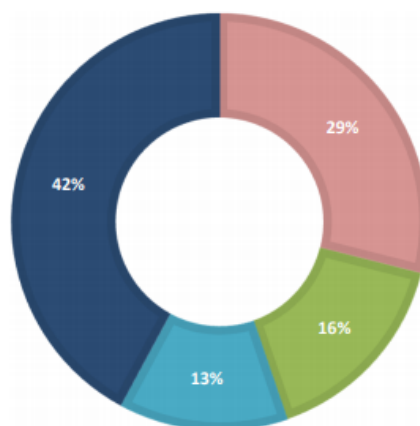


Figura 3. Estadística sobre las titulaciones pertenecientes al esFAB. Fuente: BuildingSMART Spain.

2.1.2.3 Estandarización

Dentro del proceso de estandarización se han generado las GUÍAS UBIM. En el marco del congreso EUBIM 2013 se planteó una iniciativa de estandarización denominada uBIM[6] cuyo objetivo inicial era el desarrollo de una guía en español para los usuarios BIM.

Esa guía es una adaptación del documento COBIM finlandés (Common BIM Requirements 2012), el cual fue elaborado por el Building Smart Finland en el año 2012. Este documento ha sido adaptado a la casuística de España, atendiendo a los estándares y normativas vigentes, mediante un equipo redactor multidisciplinar integrado por expertos en cada uno de los capítulos tratados.

El principal objetivo del documento es el poder disponer de una guía estándar de fácil adaptación y que esté en constante evolución con el fin de agrupar y coordinar todas las disciplinas que están implicadas en la confección de modelos BIM con garantías de precisión adecuadas para el uso efectivo dentro del sector.

La guía de usuarios BIM está compuesta por los siguientes documentos:

1. D1-Parte General
2. D2-Estado Actual
3. D3-Diseño Arquitectónico
4. D4-Diseño de las instalaciones
5. D5-Diseño estructural
6. D6-Aseguramiento de la Calidad
7. D7-Mediciones
8. D8-Visualización
9. D9-Análisis de las Instalaciones
10. D10-Análisis Energético
11. D11-Gestión de Proyectos
12. D12-Facility Management
13. D13-Construcción

Se puede decir que estas guías son muy útiles para la Edificación, pero no tienen su utilidad en la Ingeniería Civil ya que no recogen información sobre cómo realizar el movimiento de tierras, puentes, obras de paso, obras de drenaje transversal, urbanizaciones, etc. Tampoco se ha obtenido información si se van a desarrollar o adaptar para la Ingeniería Civil

2.1.2.4 El Observatorio BIM

Desde buildingSMART Spanish Chapter se pone en marcha la iniciativa “Observatorio BIM” [7] en la que se pretende ser un punto de encuentro para la información actualizada sobre todo lo referente al BIM en español en diferentes etapas teniendo en cuenta aspectos como el nivel de desarrollo, la tipología constructiva, las fases, los agentes, etc. La información es transmitida desde diferentes medios de divulgación:

- Noticias
- Eventos
- Proyectos
- Libros
- Tesis

También se ofrece la oportunidad de ver diferentes ejemplos de casos reales de éxito que van surgiendo respecto a la metodología BIM.

2.1.2.5 Spanish Journal of BIM

Esta revista nace en el seno de BuildingSMART Spanish Chapter y su propósito principal es de divulgar las investigaciones que cualquier persona, grupo de personas o entidad de cualquier tipo realice sobre la base del uso de la tecnología BIM en lengua española. Sus objetivos secundarios son:

- Fomentar la eficacia en el sector de la construcción a través del uso de estándares abiertos de interoperabilidad sobre BIM.
- Fomentar modelos de negocio orientados a la colaboración para alcanzar nuevos niveles en reducción de costes y plazos de ejecución.
- Divulgar las ventajas que el BIM ofrece para todos los agentes de la construcción.
- Acelerar la penetración del BIM en España y Latinoamérica.
- Convertirse en la voz en castellano de la investigación en BIM.

Se ha convertido en la publicación BIM en español de referencia. Según la Memoria Anual de Actividades de la asociación [4], los artículos seleccionados para las ediciones publicadas en el 2018 fueron:

- Visualización de datos para el seguimiento de la calidad BIM.
- Simulación 4D como metodología de planificación frente a procedimientos convencionales en proyectos de construcción.
- Definición de roles y responsabilidades en el ciclo de vida del proyecto BIM en el proceso constructivo.
- Claves de la implantación BIM en Suiza
- BIM y electricidad. Electricidad y BIM.
- BIM en el diseño de alternativas en Ingeniería Civil: evaluando sus potencialidades en un taller con técnicos de la administración.
- Edición del fichero IFC para enriquecer y explotar la información.
- Acción BIM: verificación, validación y certificación.

2.1.3 Administraciones Públicas españolas

Desde hace unos años la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública está siendo impulsada por la Comisión Europea, para extender el beneficio de la misma por todos los países de la Unión Europea.

Por primera vez, en la Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo del 26 de febrero de 2014[8], sobre contratación pública y por la que se derogaba la Directiva 2004/18/CE, la Unión Europea **insta a sus 28 países miembros a considerar el uso de la tecnología BIM en los proyectos constructivos de financiación pública** con el objetivo de **modernizar y mejorar los procesos de contratación y licitación pública**, dando mayor importancia a la inversión a realizar a lo largo de todo el ciclo de vida de una obra.

En España, en la ley 9/2017 de Contratos del Sector Público, del 8 de noviembre, se trasponen al ordenamiento jurídico español las Directiva anteriormente mencionada, en donde se menciona en el apartado 6 de la disposición adicional decimoquinta de la ley 9/2017 de Contratos del Sector Público señala: *“Para contratos públicos de obras, de concesión de obras, de servicios y concursos de proyectos, y en contratos mixtos que combinen elementos de los mismos, los órganos de contratación podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, tales como herramientas de modelado digital de la información de la construcción (BIM) o herramientas similares. (...)”*[9].

A continuación, una vez mencionados los dos documentos jurídicos que impulsaron a las Administraciones Públicas a elaborar un plan de acción u hoja de ruta para cumplir con lo encomendado, se hace una descripción de las iniciativas realizadas por parte de estas para afrontar el cambio que se está produciendo en el sector gracias a la metodología colaborativa.

2.1.3.1 Administración Central del Estado

2.1.3.1.1 La Comisión esBIM.es

La Comisión es.BIM del Ministerio de Fomento, nace en 2015 a partir de que el Parlamento Europeo emitiera en 2014 la directiva en la cual instaba a los países miembros a la implantación de la metodología BIM en todos los proyectos de financiación pública.

España se puso una hoja de ruta cuyo objetivo tenía convertir el uso del BIM en obligatorio, dividiéndose en dos fases:

- 17 de diciembre de 2018 para las licitaciones públicas en proyectos de Edificación.
- 26 de julio de 2019 para las licitaciones públicas en proyectos de Infraestructura.

Hoja de ruta

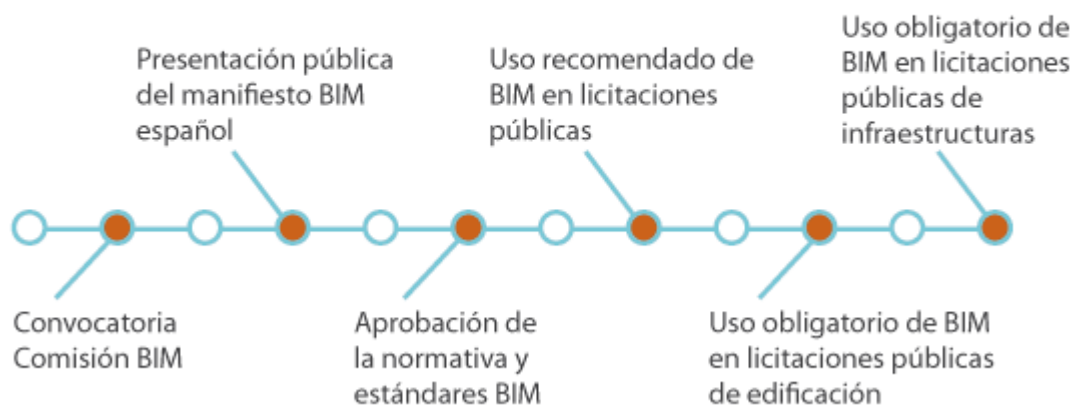


Figura 4. Hoja de ruta por parte de la Comisión es.BIM. Fuente: www.esbim.es

Actualmente esta hoja de ruta se encuentra desfasada, debido a que **su cumplimiento no ha sido completo, consiguiéndose únicamente el uso recomendado de la metodología, pero no su obligatoriedad.**

La comisión esBIM es un grupo abierto al que pertenecen todos los agentes implicados en el sector público y privado de AEC (administraciones, ingenierías, constructoras, profesionales, universidades...) cuya misión principal es la implantación de la tecnología BIM en España. Los objetivos de la comisión son:

- Impulsar un mandato que acelere los objetivos de implantación.
- Definir estrategias de implantación: plan de acción y hoja de ruta.
- Fortalecer la capacidad del sector público en la aplicación BIM.
- Fomentar la interoperabilidad entre herramientas para garantizar el libre acceso de la tecnología.

La Comisión es.BIM está compuesta por los diferentes agentes y organizaciones pertenecientes tanto al sector público como el privado, como pueden ser: ministerios, empresas públicas, empresas constructoras, empresas de ingeniería y profesionales de colegios. Dicha comisión está presidida por la persona que ostente el cargo de la secretaría de Fomento y la secretaría de la Comisión es realizada por Ineco, siendo el Secretario D. Jorge Torrico Liz.



Figura 5. Agentes y organizaciones que forman parte del Comisión. Fuente: Comisión es.BIM

Según el documento de la segunda reunión de la Comisión es.BIM[10], esta comisión está compuesta por 3 niveles: Comisión BIM, Comité Técnico y Grupos de Trabajo como se muestra en la **Figura 6**.

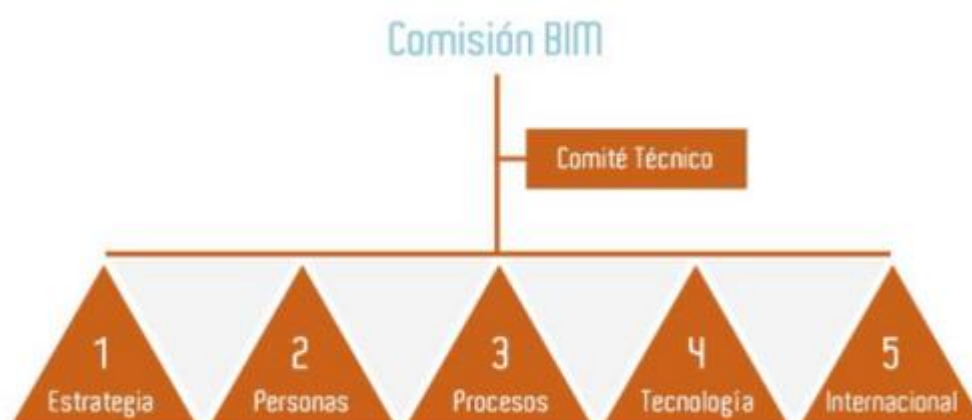


Figura 6. Estructura de la Comisión es.BIM. Fuente: Comisión es.BIM

- **Comisión BIM:** es un órgano ejecutivo en el cuál se deciden los ejes de estrategia y se aprueban los trabajos desarrollados en los Grupos de Trabajo.
- **Comité Técnico:** órgano de coordinación entre los Grupos de Trabajo y la Comisión, y entre los propios grupos de trabajo entre sí.
- **Grupos de Trabajo:** son los encargados de elaborar los diferentes trabajos agrupados por temáticas: su composición es abierta, pudiéndose incorporar a cada grupo todas las organizaciones o personas que consideren que pueden aportar información a las temáticas definidas en cada uno de ellos. Actualmente la comisión cuenta con 5 grupos de trabajo que se exponen a continuación:
 - **GT1-Estrategia:** grupo encargado de la planificación y la estrategia de la implantación BIM, así como de la innovación y desarrollos futuros

- **GT2-Personas:** grupo que se encarga de abordar todo lo relativo al cambio de cultura y capacitación del personal público y privado. Debe tenerse en cuenta la formación, los nuevos roles y responsabilidades, la necesidad de mayor comunicación y transparencia y la resistencia al cambio. También es el encargado de impulsar la incorporación del BIM a los estudios universitarios tanto a nivel de grado como a máster u otros estudios de postgrado, a través de la realización de Jornadas, Seminarios, etc.
- **GT3-Procesos:** grupo que se encarga del análisis y la propuesta de modificación de la normativa, legislación, pliegos, apoyando la estandarización de procesos y a creación de un entorno para la entrega de proyectos con la metodología BIM.
- **GT4-Tecnología:** grupo que aborda la base tecnológica necesaria para permitir la implantación, garantizando la interoperabilidad entre plataformas de softwares, el empleo de Open BIM y su libre acceso.
- **GT5-Internacional:** grupo encargado de conocer la experiencia internacional en estrategias de implantación y fomentar el liderazgo de España en el proceso en Hispanoamérica.

Con el fin de poner en común los nuevos avances alcanzados por los Subgrupos de Trabajo de la Comisión y generar un debate sobre los distintos temas abordados, se celebran reuniones presenciales abiertas a todos los integrantes de los cinco Grupos de Trabajo de la iniciativa

Con el fin de conseguir los objetivos marcados desde su creación, la Comisión es.BIM creó un observatorio de licitaciones BIM con una doble función:

- Verificar la progresión de la inclusión de requisitos BIM en pliegos de licitación pública: a través de un seguimiento mensual del número de licitaciones públicas con requisitos BIM discriminados por categorías (tipología de licitación y agente licitador, fase del ciclo de vida, etc.)
- Analizar en qué forma se incluye BIM en los pliegos

El resultado de este trabajo es la publicación de una serie de informes en los que se recogen la situación de las licitaciones públicas. Hasta el momento se han publicado 6 informes en los que se ha ido realizando un análisis de un número de licitaciones cada vez más importante.

En sus primeros informes se analizaron unas 70 licitaciones públicas y en su último informe [11], el Observatorio recoge los resultados analizados por un total de 313 licitaciones públicas con algún requisito BIM publicadas durante los años 2017 y 2018. Este dato se considera un buen termómetro del crecimiento de la metodología BIM en estos últimos años.

Los datos más interesantes sobre el análisis realizado en este último informe acerca de la Licitación Pública con requisitos BIM estos años son:

1. Un total de 654,7 millones de euros invertidos en 313 licitaciones públicas en el periodo 2017-2018.
2. El año 2018 se convierte en el despegue del BIM en las infraestructuras, ya que se ha doblado la inversión realizada en 2017.
3. En el 90% de las comunidades autónomas se realizan proyectos y obras públicas con BIM, destacando Cataluña con un PBL total acumulado de 250,10 millones de euros. Por otra parte, en Andalucía supone un PBL total acumulado de 13,43 millones de euros.
4. El número de Comunidades Autónomas en las que se ubican los proyectos u obras objetos de las licitaciones que incluyen el uso de BIM aumenta poco a poco. El País Vasco se encuentra a la cabeza en inversión en Infraestructuras, con 91,72 millones de euros y Cataluña en Edificación, con 221,54 millones de euros.
5. La administración autonómica es la mayor dinamizadora pidiendo el uso del BIM en sus licitaciones, superando a la estatal.
6. En 2018 se duplica el número de licitaciones públicas con requisitos BIM en fase de Obra.
7. Predomina requerir el uso del BIM en licitaciones de Rehabilitación frente a Obra Nueva.
8. Sanidad y Educación a la cabeza en el uso del BIM en licitaciones de edificación.

9. La tendencia es a incluir el uso obligatorio del BIM e incluirlo como criterio de adjudicación.
10. El peso del uso del BIM aumenta en 2018 tanto en Edificación como en Infraestructura.
11. En 2018 los indicadores BIM establecidos han mejorado notablemente.
12. En el cuarto trimestre del 2018 una de cada tres licitaciones alcanza un nivel de madurez avanzado.
13. Visualización, documentación y coordinación 3D son los usos BIM más requeridos, en entregables lo son el modelo nativo e IFC.
14. En 2018 desciende el número de licitaciones que incluyen como requisito el nivel de información (LOX)

2.1.3.1.2 Comisión interministerial

El **28 de diciembre del año 2018**, el Consejo de Ministros, aprobó el Real Decreto 1515/2018 por el que se crea la comisión interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública, con naturaleza de órgano administrativo de carácter colegiado, regulando sus funciones, composición y reglas de funcionamiento.

La Comisión interministerial se adscribe al Ministerio de Fomento y está compuesta por representantes de varios Ministerios. Su finalidad es impulsar y garantizar la coordinación de la Administración General del Estado y sus organismos públicos y entidades de derecho público vinculados o dependientes, en la metodología BIM en la contratación pública.

Además del seno de la comisión se creó un Comité Técnico y otros grupos de trabajo para asistirle en sus funciones, así como un Comité territorial para Comunidades Autónomas y localidades.

Las funciones principales de la comisión son:

- Elaborar el Plan de incorporación de la Metodología BIM en la Contratación de la Administración General del Estado y sus organismos públicos y entidades de derecho público vinculados o dependientes.
- Realización de acciones de información y formación del personal encargado de la puesta en marcha del plan, así como la promoción del uso del BIM en el ámbito profesional y docente de la construcción.
- Representar al Reino de España en los distintos foros internacionales en el ámbito BIM, con la finalidad de posicionar a España como referencia a nivel mundial en este campo, fomentando el desarrollo y conocimiento de las empresas y entidades españolas dedicadas al desarrollo de soluciones BIM.
- Realizar el intercambio de información sobre la metodología BIM, no sólo entre los distintos Departamentos ministeriales, sino también con las Administraciones de las Comunidades Autónomas y de las Entidades que integran la Administración Local.

El 25 de abril de 2019, el subsecretario de Fomento, presidió la reunión constitutiva de la Comisión Interministerial.

2.1.3.2 Administraciones Autonómicas

Dentro de estos organismos públicos, la única Administración Autonómica que ha dado avances sobre la metodología BIM ha sido la Generalitat de Cataluña.

2.1.3.2.1 Comisión Interdepartamental BIM

El gobierno de la Generalitat de Cataluña, por acuerdo de 24 de mayo de 2016, creó la Comisión Interdepartamental BIM con el objetivo del estudio y la evaluación de la implantación la metodología BIM en la obra pública y en las obras de edificación promovidas por la Administración de la Generalitat de Cataluña y su sector público, así como recoger toda la información para operar en todo su ciclo de vida y, en particular, durante la elaboración y la gestión del diseño, la redacción del proyecto, la redacción de la ejecución de obra y su gestión, así como su mantenimiento y conservación.

La comisión, desde su constitución, y como resultado de las funciones que tiene atribuidas, considera conveniente la implantación de la metodología BIM de forma progresiva. Así, en una primera etapa, la utilización de la metodología solo sería obligatoria en determinados contratos que la Comisión ha considerado como prioritario, sin prejuicios de que se pudiera ampliar a otros contratos.

La Comisión está integrada por:

- El presidente de la Comisión (la persona titular de la Secretaria General del Departamento de Territorio y Sostenibilidad).
- 9 vocales de los departamentos de la Generalitat de Cataluña.
- 8 vocales de las empresas del sector público

En octubre de 2016, se cambia la composición de la comisión con el objetivo de ampliar sus miembros. Por tanto, según el Acuerdo del Gobierno de modificación de la composición de la Comisión interdepartamental[12], la composición queda:

La Comisión es presidida por la persona titular de la Secretaria General del departamento competente en materia de Obras Públicas e Infraestructuras, y está integrada por:

- Tres representantes del departamento competente en materia de Obras Públicas e Infraestructuras, designadas por el titular.
- Un representante del departamento competente en materia de economía, designado por el titular.
- Un representante del departamento competente en el establecimiento de criterios, dirección y control de la contratación pública, designado por su titular.
- Un representante del departamento competente en materia de vivienda, designado por el titular.
- Un representante del departamento competente en materia de salud, designado por el titular.
- Un representante del departamento competente en materia de justicia, designado por el titular.
- Un representante del departamento competente en materia de infraestructura agraria, designado por el titular.
- Un representante por cada una de las empresas del sector público del Generalitat de Catalunya que están relacionadas con la Comisión, designados por el órgano competente dentro de las estructuras orgánicas de las respectivas:
 - Infraestructuras Ferroviarias de Cataluña (Ifercat).
 - Ferrocarriles de la Generalitat de Cataluña (FGC).
 - Instituto Catalán del Suelo (INCASOL).
 - Centrales e Infraestructuras para la Movilidad y las Actividades Logísticas (CIMALSA).
 - Infraestructuras de la Generalitat de Cataluña, SAU(Infrestructures.cat).
 - Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña.
 - Agencia Catalana del Agua.
 - Centro de Telecomunicaciones y Tecnologías de la información (CTTI).

La presidencia de la Comisión, en función de los asuntos a tratar, puede invitar a las sesiones a otras personas representantes de los colegios profesionales y entidades representativas de los sectores profesionales y empresariales afectados, que podrán participar con voz, pero sin voto.

Para conseguir los objetivos marcados, esta Comisión decidió desarrollar un documento llamado “*Libro Blanco sobre la definición estratégica de implementación del BIM en la Generalitat de Catalunya*”[13] con la voluntad de que se convierta en una guía de la estrategia a seguir a fin de que la implantación sea:

- Progresiva y guiada.

- Adecuada a cada perfil laboral/profesional.
- Generadora de una relación de complicidad con el nuevo escenario.
- Evaluable en sus resultados.
- Dotada de los medios necesarios
- Asumible para los agentes de la cadena de suministro (proveedores de la administración).

Este libro toma como referencia los contenidos que han sido desarrollados por la Comisión Construïm el Futur (FCC) del ITEC durante el periodo 2015-2017, en el cual se ha elaborado una propuesta de camino de transición hacia el BIM.

2.1.3.2.2 Infraestructures.cat

Infraestructuras de la Generalitat de Catalunya SAU (Infraestructures.cat) es una empresa pública de la Generalitat de Catalunya que ostenta la condición de medio propio de dicha Administración.

La sociedad se constituyó en 1990 con el nombre de Gestión de Infraestructuras SA (GISA), cambiando su nombre al que actualmente tiene en 2012, debido a un proceso de fusión por el cual las empresas Regs de Catalunya SLU (REGSL) y Reg Sistema Segarra: Garrigues SLU (REGSEGASL) fueron absorbidas por la Generalitat de Catalunya SAU, integrando en su actividad las actuaciones en materia de regadíos y, ámbito rural que realizaban esas sociedades.

El mismo año también absorbió la sociedad Equipaments i Edificis de Catalunya SAU (EECAT), suponiendo la integración en el patrimonio de Infraestructures.cat de los inmuebles de equipamientos públicos de la sociedad absorbida y pasando a desarrollar la actividad de explotación y mantenimiento de equipamientos.

Por otro lado, Infraestructures.cat ha prestado ciertos servicios al ente Infraestructuras Ferroviaries de Catalunya (Ifercat), con el objetivo de optimizar las estructuras de las compañías y minimizar sus costes.

El objeto social de la sociedad es proyectar, construir, conservar, mantener, modernizar y explorar todo tipo de infraestructuras y edificaciones que la Generalitat promueva, participe o haya acordado con terceros, así como los servicios que se puedan instalar o desarrollar.

Los comienzos de la aplicación BIM en esta empresa pública tuvieron lugar con la licitación del proyecto del Instituto Luis Recasens en Molins de Rei en 2013.

El uso de la metodología BIM se ha consolidado gracias a la licitación de más de 60 proyectos en los que se ha aplicado esta metodología. Estos proyectos son de diferentes equipamientos de Edificación y últimamente también ha comenzado la implantación en proyectos de Obra Civil.

La experiencia y los conocimientos adquiridos con el desarrollo de estos proyectos les ha permitido publicar la *“Guía BIM para la Gestión de Proyectos y Obras”*[14].

Esta guía es una declaración de intenciones y se trata de un documento colaborativo en su primera fase de desarrollo y por lo tanto está abierta a la consideración de cualquier propuesta de modificación o mejora sugerida por parte de las entidades y personas que intervienen en el proceso constructivo de cualquier equipamiento e infraestructura.

La publicación de la Guía BIM para la gestión de proyectos y obras, es una herramienta para lograr la gestión, fomentar el trabajo colaborativo como mejora para el sector de la Construcción, mejorar la transferencia de información entre todos los agentes y apoyar la agenda medioambiental y de sostenibilidad.

En definitiva, esta Guía pretende fijar unas pautas para utilizar la metodología BIM como canal de traspaso de información y comunicación entre los agentes que intervienen en todo el ciclo de vida de una infraestructura.

Como desarrollo de la Guía, Infraestructures.cat considera necesario establecer un conjunto de especificaciones, formato de manual, que faciliten la aplicación de la metodología BIM de los agentes responsables en el desarrollo de sus contratos, así como todas las partes interesadas. Por tanto, un año más tarde la publicación de la Guía, se publicó el *“Manual BIM para la Gestión de Proyectos y Obras”*[15].

Otra de las actividades de la infraestructures.cat es la creación del sistema de clasificación de elementos BIM *“GuBIMClass”*[16], fruto del trabajo colaborativo realizado por los miembros del Grupo de Usuarios BIM de

Cataluña (GuBIMCat).

Esta clasificación se publicó tras haber estudiado los diferentes sistemas de clasificación internacionales y tomando como punto de partida la base desarrollada por la infraestructures.cat durante las primeras pruebas piloto BIM realizadas en el año 2014. El primer objetivo era desarrollar unas bases que permitieran definir un lenguaje común que fomentara la mejora la comunicación entre los actores que intervienen a lo largo de todo el ciclo de vida de la infraestructura, garantizando la interoperabilidad de la información a introducir en un modelo.

Para conseguir este objetivo la infraestructures.cat junto con el GuBIMCat realizaron un estudio de las clasificaciones existentes en el mercado nacional e internacional.

Como resultado del análisis se concluyó que no existía ninguna referencia sobre alguna base nacional y que era necesario realizar una formulación de los sistemas anglosajones (Uniformat, Omniclass, Uniclass, etc.) con el fin de adaptarse al entorno local teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Lenguaje habitual del sector.
- Adaptarlo a la manera de hacer del sector.
- Sistema simple.
- Utilizable en cualquier fase del ciclo de vida del proyecto.
- Que sea útil para documentar especificaciones del proyecto.

Infraestructures.cat empezó a trabajar con la primera prueba a finales de 2014, como propuesta en los primeros proyectos y obras en los que se disponían modelos, siendo de uso no obligatorio y abierta a sugerencias y aportaciones.

De este modelo las pautas marcadas por Infraestructures.cat fueron tomadas por el Grupo de Usuarios BIM de Cataluña como base para el trabajo desarrollado lo largo de un año dentro de su grupo de trabajo "Clasificaciones". El objetivo de este grupo de trabajo fue obtener un sistema de clasificación que cumpliera con las necesidades del sector AEC en Cataluña, así como en su futura promoción al sector en el ámbito nacional

Este nuevo sistema de clasificación ha podido ser utilizado en múltiples proyectos de diferentes tipologías y con equipos multidisciplinares, recogiendo la realidad de nuestro sector.

SISTEMA DE CLASSIFICACIÓ D'ELEMENTS					
Nivell 1	Nivell 2	Nivell 3	Nivell 4	Codi Complet	Descripció
00				00	Treballs previs i replanteig general
00	10			00.10	Elements auxiliars de replanteig del model
00	10	10		00.10.10	Origen de coordenades
00	10	20		00.10.20	Elements d'alineació de model
00	10	30		00.10.30	Eixos
00	10	40		00.10.40	Nivells
00	20			00.20	Preexistències
00	20	10		00.20.10	Edificacions colindants preexistents
00	20	20		00.20.20	Elements d'entorn urbà preexistent
00	20	30		00.20.30	Serveis urbans preexistents
00	30			00.30	Assaigs previs
00	30	10		00.30.10	Assaig al terreny
00	30	10	10	00.30.10.10	Sondeig
00	30	10	20	00.30.10.20	Penetròmetre
00	30	10	30	00.30.10.30	Piezòmetre
00	30	20		00.30.20	Assaig d'elements estructurals
00	30	20	10	00.30.20.10	Assaig sobre element de formigó
00	30	20	20	00.30.20.20	Assaig sobre estructura d'acer
00	30	20	30	00.30.20.30	Assaig sobre estructura de fàbrica
10				10	Adequació del terreny i sustentació de l'edifici
10	10			10.10	Actuacions per reduir i controlar les afectacions a edificis veïns, serveis i altres elements
10	10	10		10.10.10	Apuntalaments i estrebades
10	10	10	10	10.10.10.10	Puntals metàl·lics
10	10	10	20	10.10.10.20	Ancoratges temporals
10	10	20		10.10.20	Altres actuacions per a controlar afectacions
10	20			10.20	Moviment de terres
10	20	10		10.20.10	Topografia
10	20	20		10.20.20	Excavacions
10	20	20	10	10.20.20.10	Excavació general
10	20	20	20	10.20.20.20	Excavació de fonamentació
10	20	30		10.20.30	Reblerts
10	20	30	10	10.20.30.10	Terraplenat
10	20	30	20	10.20.30.20	Millora del terreny

Figura 7. Extracto de la clasificación GuBIMClass. Fuente: Infraestructures.cat

2.1.3.2.3 Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC).

El ITeC [17] es una Fundación privada sin ánimo de lucro al servicio de la sociedad que trabaja en el ámbito del sector de la construcción. Se creó en 1978 bajo un contexto en el que se echaba de menos algún instrumento para hacer avanzar el sector de la construcción.

Una de las primeras tareas del ITeC consistió en la formación especializada para titulados, como el curso de jefe de obra. A medida que las escuelas técnicas fueron cubriendo estas carencias, el instituto abandonó la vertiente docente, limitándose en la actualidad, desde 2011, a los cursos de formación para las certificaciones para los usuarios del software BREEAM, dedicado a evaluar el comportamiento ambiental de los edificios y de su entorno. Siendo la labor del instituto bastante intensa, con más de 600 libros publicados a lo largo de su historia.

Teniendo en cuenta que los puntos de fricción de la construcción más clásicos del proceso constructivo son la preinscripción y la presupuestación, el ITeC creó una base de datos de referencia que servía en primer lugar, como clasificación de materiales, elementos constructivos y tareas de obra y, en segundo lugar, se le añadieron los precios.

La primera base de datos se creó en el año 1983, haciéndose medida para las obras de edificación promovidas por el Ayuntamiento de Barcelona. Un año más tarde se publicó el primer libro de precios de edificación y urbanismo, bajo la denominación BEDEC (Banco Estructurado de Datos de Elementos Constructivos) y desde entonces el ITeC ha mantenido el compromiso de ampliar, actualizar y afinar sus contenidos.

En un principio era una base de datos de definiciones y precios que estaba limitada sólo a la edificación y urbanismo. Con el tiempo se han ido uniendo algunas ampliaciones cubriendo los campos de la ingeniería civil (1989), seguridad y salud y ensayos de control de calidad (1992), la rehabilitación (2000), la restauración (2003) y el mantenimiento (2009).

En los años noventa, la complejidad que BEDEC estaba cobrando junto con la popularización de los PC, hicieron evidentes las limitaciones de la consulta a través de libros y se desarrollaron versiones informáticas más potentes que permitían al usuario definir los parámetros de los elementos con más facilidad. Por otra parte, el BEDEC comenzó a estar cada vez más relacionado con la oferta comercial de los diferentes suministradores de materiales.

El banco BEDEC se puede consultar desde la web de ITeC desde 2001, y se ha convertido en el recurso digital especializado en construcción con más visitas del país. El BEDEC contiene las siguientes bases de datos:

- Banco ITeC
- Biblioteca de objetos BIM
- Bancos de entidades
- Bancos de empresas
- Información ambiental de productos y sistemas
- Banco de normativa
- Selección del Banco ITeC y presupuestos tipo

La madurez del PC se produjo de forma bastante simultánea a la madurez del propio ITeC, que percibió una valiosa oportunidad para el sector en lo que entonces se denominaba “informatización”.

Antes de que el CAD se acabara haciendo un lugar en el sector, el ITeC ya estaba ofreciendo en el mercado un software para presupuestos. En 1985 el programa Cost: ITEC, y más tarde, el programa SEGUI: ITEC que aprovechaba todos los detalles contenidos en el presupuesto para hacer seguimiento de la marcha real de la obra.

Esta metodología se trasladó en 1997 a la nueva aplicación TCQ de ITeC, planteada de forma modular con herramientas específicas para las etapas de proyecto, contratación, planificación y seguimiento. La metodología se ha adaptado a las nuevas herramientas colaborativas con la incorporación del BIM, primero en la base de presupuesto (2016) con la posibilidad de extraer información de los modelos BIM a través del formato IFC, y posteriormente, también en la fase de certificación (2017) con la posibilidad de comunicar al

modelo BIM el avance real de la obra y hacer el seguimiento gráfico de las partidas que han ejecutado.

La última evolución es TCQi, que permite trabajar a los usuarios en la nube en un espacio virtual desde cualquier soporte, con la correspondiente actualización del software y el almacenamiento. El hecho de ser una herramienta virtual hará posible acceder a la documentación y gestión de la obra en todo momento, y se integrará aún más en entornos colaborativos BIM.

El ITeC y el BIM

El sector de la construcción necesita una transformación de los procesos y tecnologías para hacer frente a un nuevo escenario de objetivos como: la viabilidad económica de las inversiones, el control de los impactos ambientales, la eficiencia energética y la necesidad de aumentar el grado de industrialización.

La implantación del BIM es una de las apuestas tecnológicas con más potencial en este sentido que modificará necesariamente la actividad de todos los agentes del sector y la forma en que se interrelacionan.

El ITeC es un organismo que tiene representado en su patronato a una gran parte de los agentes del sector y de forma natural puede asumir un papel de alto interés en este proceso de innovación tecnológica. La transversalidad de los miembros de su patronato sitúa al ITeC en una posición idónea para realizar trabajos de apoyo a la regulación del sistema.

Históricamente, y como se ha citado anteriormente, el ITeC ha trabajado intensamente en el campo de los sistemas de gestión del proceso constructivo y en el de las bases de datos digitales con información sobre precios, normativas, características técnicas, certificación e impacto ambiental. Este bagaje adquiere un papel relevante para afrontar los retos que plantea la adopción del BIM y por este motivo se ha marcado tres grandes ejes de trabajo en relación con el BIM:

- Participar en la definición de las metodologías y estándares BIM
- Facilitar la entrada al BIM de todos los agentes del sector
- Integrar los productos y servicio del ITeC en la gestión BIM

Comisión Construimos el Futuro

El Consejo Asesor del Patronato del ITEC creó a principios del 2015 la Comisión Construim el Futur (CCF) para debatir sobre el futuro del sector de la construcción y analizar el uso de las tecnologías BIM, LEAN e IPD (Integrated Project Delivery) entre otros temas.

La Comisión nace a propuesta del Colegio de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de la Edificación de Barcelona, como resultado del primer European BIM Summit celebrado en febrero de ese mismo año. Las conclusiones del congreso fueron recopiladas en el primer manifiesto en favor del BIM en el estado español, que ponían en evidencia la necesidad de modernización del sector de la Construcción.

En aquel manifiesto, el Gobierno de la Generalitat de Catalunya y el Ayuntamiento de Barcelona proponían el un reto: *“Crear un Grupo de Trabajo BIM que ayude a implementar la cultura, los valores, métodos de trabajo, tecnologías digitales y electrónicas para capacitar la industria, la administración pública, los centros de investigación, los colectivos profesionales y el mundo académico”*.

Según la página oficial del ITEC [18], los objetivos del manifiesto eran:

- **Objetivo 2015-2016:** consensuar un mandato BIM en Cataluña.
- **Objetivo 2017:** adopción de los estándares IFC, guías, clasificaciones y procesos de entrega del modelo digital pensando en cada fase del proyecto constructivo, de su ejecución, del mantenimiento posterior y de su integración en la ciudad. Definición de unos protocolos comunes para la creación y definición de la información entre los agentes orientados a la plena interoperabilidad entre las partes.
- **Objetivo 2018:** los equipamientos y las infraestructuras públicas de presupuestos superior a 2 millones de euros deberán producirse en BIM en las fases de Diseño y Construcción. Circunscribir este objetivo en proyectos de nueva obra,
- **Objetivo 2020:** todos los equipamientos y las infraestructuras públicas deberán producirse en BIM en todas las fases: diseño-construcción-mantenimiento. Circunscribir este objetivo a todos los proyectos

de obra nueva y rehabilitación.

Desde entonces la Comisión Construimos el Futuro ha orientado sus actividades en esta dirección.

El trabajo colaborativo de la Comisión, desde el año 2015 al 2017, han quedado recogido en el documento “*Introducción procesos colaborativos en la construcción. 88 pasos hacia el BIM*”[19], el cual está orientado a la definición de un camino de transición que permita al sector de la Construcción evolucionar la forma en la que ha venido operando hasta la actualidad, para ir hacia unos nuevos procesos que le permitan conseguir mayores cotas de calidad y eficiencia.

La Comisión construimos el futuro trabaja a tres niveles:

- **Asamblea plenaria:** que forman parte todas las entidades que constituyen la Comisión.
- **Grupos de trabajo:** son grupos formados por algunos miembros de la Asamblea que tratan de forma específica aspectos determinados del objetivo o tema de trabajo en curso.
- **Mesas:** son grupos de personas especialistas que desarrollan trabajos específicos necesarios para aportar información a los Grupos de Trabajo del que ha surgido.

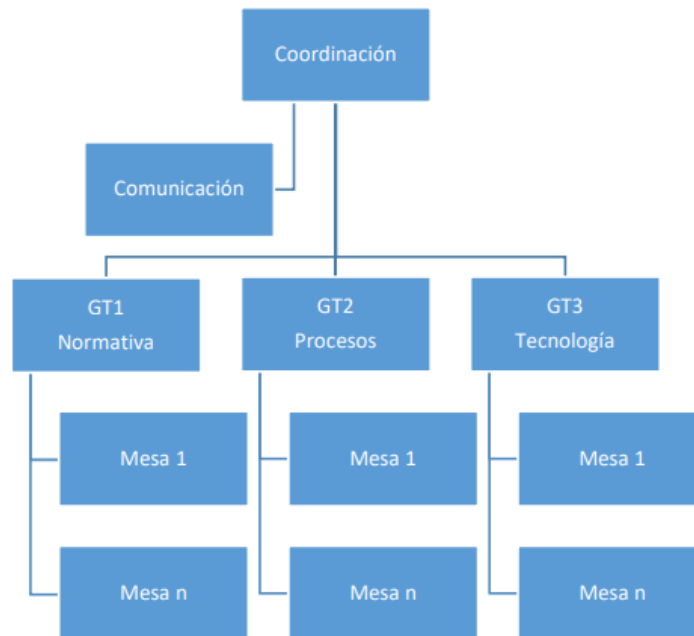


Figura 8. Esquema organizativo de la CCF. Fuente: Introducción de procesos colaborativos en la Construcción.88 pasos hacia el BIM

2.2 Aplicación BIM en la Ingeniería Civil

En párrafos anteriores, se comentó el objetivo que tiene impuesto España en lo que respecta a la implantación BIM en la Ingeniería Civil. Dicho objetivo es conseguir la obligatoriedad de contenido BIM en las licitaciones públicas en proyectos de infraestructura el día 26 de julio del presente año.

En este epígrafe, se pretende recoger las diferentes actividades que se están realizando en torno a esta metodología en el ámbito de la Ingeniería Civil hasta el momento.

2.2.1 ROAD-BIM

Se trata de un proyecto de diseño y desarrollo de tecnologías BIM para validación y gestión de proyectos constructivos de carreteras, su explotación y la gestión de la seguridad de dichas infraestructuras viarias. Dicho proyecto tiene como principal objetivo lograr un desarrollo más eficiente de los proyectos constructivos de carreteras durante toda su vida útil mediante la aplicación de la tecnología BIM en los procesos de gestión de la información requerida para su implementación[20].

Este objetivo se pretende alcanzar a través del diseño, desarrollo y validación de diversas aplicaciones informáticas específicas para su uso en las diferentes etapas del ciclo de vida de las carreteras (diseño, construcción y explotación), aprovechando para ello el potencial y las posibilidades que la tecnología BIM ofrece, logrando así una gestión más eficiente de la información necesaria para el desarrollo integral de esta tipología de proyectos.

El consorcio encargado de desarrollar el proyecto está formado por las siguientes empresas:

- SACYR
- TYPESA
- APLITOP
- APOGEA

El proyecto tiene una serie de objetivos específicos, los cuales son desarrollados por cada una de las empresas que forman parte de este:

- Diseñar y desarrollar un formato de intercambio BIM de carreteras. (APOGEA)
- Implementación de normativas de carreteras en el modelo BIM. (SACYR)
- Incorporación del análisis de las variables de Seguridad Vial en el modelo BIM. (TYPESA)
- Desarrollo de aplicaciones BIM para la gestión integral de proyectos de carreteras. (APLITOP)
- Validación de las aplicaciones BIM desarrolladas para proyectos de carreteras. (SACYR)

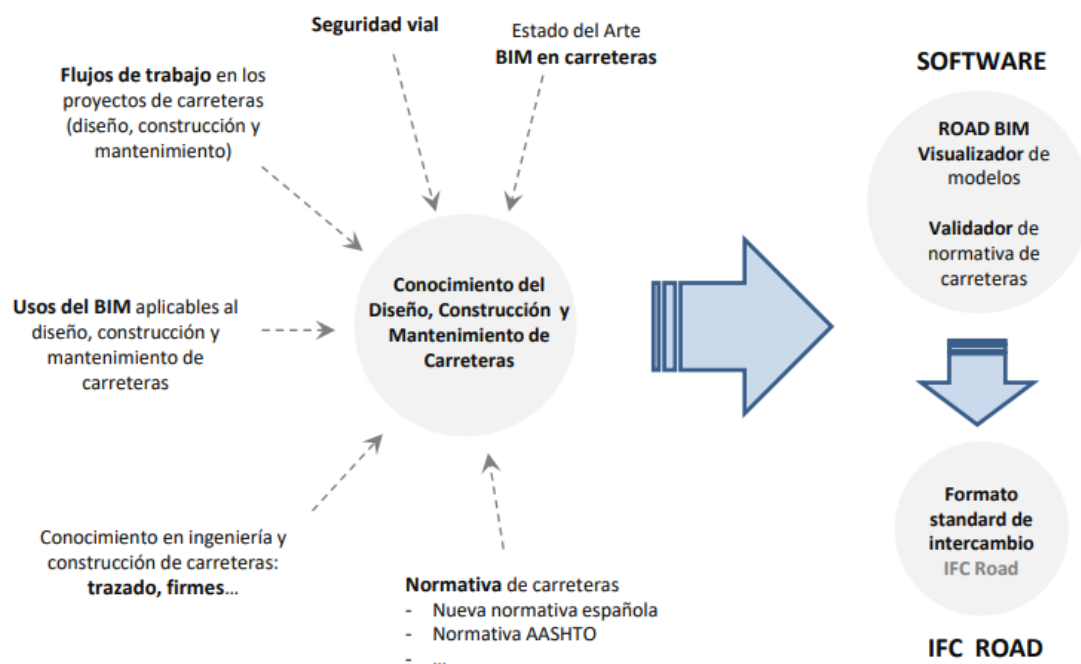


Figura 9. Esquema descriptivo del proyecto ROAD-BIM. Fuente: Comisión es.BIM

Hasta el momento, sólo se ha desarrollado un visor web para IFC alignment e IFC road.

2.2.2 Infrastructure Room

Se trata de una iniciativa de la BuildingSMART International. El propósito de la sala es combinar, mejorar y desarrollar estándares abiertos de datos inteligentes, que permitan la integración de datos y procesos para la infraestructura. El alcance incluye el intercambio de información y los estándares de procesos para respaldar la gestión efectiva del entorno construido y la vinculación e integración a través de BIM y GIS. La sala de infraestructura lidera los esfuerzos de la BuildingSMART en varias áreas incluidas las de carreteras, puentes, túneles, puertos y vías fluviales[21].

El comité directivo de esta sala está formado por miembros de la BuildingSMART y se encarga de facilitar el proyecto y las actividades de la sala, incluida la supervisión de sus grupos de trabajo, la conducción de las sesiones de la sala en las cumbres de la BuildingSMART, la interacción con el comité de normas para el cumplimiento del proceso de construcción de SMART.

Sus principales objetivos son:

- Habilitar el intercambio de datos basados en estándares abiertos para la planificación, realización y mantenimiento de obras de infraestructura.
- Permitir el intercambio de información y el acceso abierto de datos entre las bases de datos de gestión de activos.
- Habilitar archivos duraderos de información de activos basados en estándares abiertos.
- Habilitar la fusión de información relacionada con el proyecto.

Las actividades que vienen realizando son:

- **Proyecto común:** colaboran en el proyecto de esquema común que aborda elementos comunes que cruzan dominios de infraestructura como ferrocarril, carretera, puente y otros.
- **Entorno de Construcción Digital Integrado:** es una colaboración con el Open Geospatial Consortium (OGC) y se encarga de examinar como integrar el rol de BIM en la planificación, diseño, construcción y operación de activos construidos con el rol de modelo geoespacial en la comprensión y administración del entorno natural y construido.
- **Cooperación CEN TC 442:** es una colaboración con el organismo europeo de normalización CEN sobre estándares openBIM y el proyecto LEXS (Library Exchange Standards).
- **IFC 4.1 Alignment:** en el que se incluye todo lo relacionado con las alineaciones de obra civil. La sala se encarga de dar un apoyo continuo en la implementación.
- **IFC Bridge:** es un borrador estándar de IFC4x2 que está listo para la aprobación por parte BSI y la implementación se seguirá potenciando.
- **IFC Tunnel:** se trata del desarrollo de esquemas comunes para garantizar una coherencia con el IFC Road, IFC Rail y otras áreas comunes. Esta actividad incluye un equipo formado por autoridades de transporte y expertos en ciencias de la tierra para abordar el papel que desempeñan los modelos geotécnicos y geológicos BIM participando en la identificación y mitigación de riesgos asociados con las condiciones subterráneas durante todo el ciclo de vida.
- **IFC Ports and Waterways:** tras la finalización del análisis de requisitos, IDM, y el informe de taxonomía, nomenclatura y propiedades se desarrolla la extensión del IFC, que incluye el modelado conceptual, la creación de extensiones, la definición de visores, las pautas de modelado y el desarrollo de software. Esta actividad incorpora un esquema de estructura espacial basado en un análisis detallado de ejemplos de estructuras espaciales y casos de uso.
- **IFC Road:** tras un informe de análisis de requerimientos y el mapa de proceso publicado a finales de 2018, se está ejecutando la segunda fase de IFC Road y se ha publicado un detallado Plan de ejecución del proyecto. El equipo de IFC Road participa en el desarrollo del Esquema Común para asegurar la consistencia con otras áreas en estructuras espaciales, geotecnia, movimiento de tierras, drenaje, etc.

2.2.3 Railway Room

También se trata de una iniciativa por parte de la BuildingSMART Internacional. El principal propósito de esta sala es acelerar y explotar nuevas oportunidades digitales para los sistemas ferroviarios y crear una representación digital completa y aplicable a todo el ecosistema sistema ferroviario durante todo su ciclo de vida[22].

Sus objetivos principales son:

- Desarrollar sistemas de soporte interoperables.
- Reducir la complejidad del ecosistema ferroviario.
- Asegurar soluciones seguras.
- Reducir el coste del proyecto y el retraso para todos los socios
- Trabajar con buildingSMART, propietarios y operadores de ferrocarriles y otras partes interesadas para:
 - Extender el esquema de IFC Infrastructure para el dominio ferroviario, la construcción y el mantenimiento.
 - Contribuir al desarrollo del esquema común del IFC.
 - Construir sobre el consenso internacional.
 - Tener en cuenta los trabajos iterativos con datos complementarios y despliegues de IFC.
 - Apoyar la implementación y las pruebas tempranas haciendo que los entregables estén disponibles y abiertos al público.

Las actividades que se están desarrollando en el proyecto IFC Rail están divididas en varias iniciativas apoyadas por el la Oficina de Gestión de Proyectos y un equipo de Servicios Técnicos. Los grupos están desarrollando requerimientos, casos de usuarios, manuales de entrega de información y mapas de procesos para que el IFC progrese. Estas iniciativas son:

- Dominio de seguimiento.
- Dominio energético.
- Dominio de señalización.
- Dominio de telecomunicaciones.
- Servicios técnicos.

A parte de estas iniciativas, se están llevan a cabo otras actividades como:

- **Esquema de Proyecto Común:** se colabora con la Sala de Infraestructuras.
- **Tutorial IFC Rail:** un tutorial completo e independiente para la educación y la comunicación con la industria ferroviaria.
- **IFC Rail Pilot:** para evaluar el modelado de datos de IFC y el progreso que se ha llevado hasta la fecha.

2.2.4 Dinamarca

Los países escandinavos fueron los primeros en adoptar tecnologías BIM, con estándares y requisitos públicos en vigor desde hace tiempo.

En Dinamarca, el uso del BIM ha sido prometedor desde el año 2000, ya que en el año 2006 el 50 % de los arquitectos ya habían utilizado el BIM al menos para un proyecto completo. En el 2007 el uso del BIM se volvió obligatorio para todos los proyectos públicos estatales y en el 2011 la obligatoriedad se extendió a todas las instituciones regionales y locales.

El país danés ha ordenado a las instituciones estatales, incluida la Palaces and Properties Agency, la Danish University Property Agency y el Defense Construction Service, adoptar prácticas BIM cada vez más avanzadas, mientras que otras organizaciones privadas y universidades las apoyan mediante la investigación y el desarrollo[23].

Una de las empresas que está avanzando en la investigación BIM es MT Højgaard, una de las principales empresas de construcción e ingeniería civil de la región nórdica, la cual ha desarrollado el “**Manual BIM de Obra Civil e Infraestructura**”[24].

Este manual describe los procesos y herramientas BIM para los proyectos de movimientos de tierras y carreteras MT Højgaard.

En el primer capítulo se hace una descripción de los procesos, flujos de trabajo y roles BIM que tienen establecidos en sus proyectos, donde se muestran las diferentes herramientas que utilizan en todo el proceso de modelado de la infraestructura, destacando Infraworks para el diseño conceptual y AutoCAD Civil 3D para la fase de diseño.

Se puede destacar de este capítulo que la estructura del entorno común de datos está basada en el estándar británico PAS 1192-2:2013, como es común en la gran mayoría de empresas que trabajan bajo la metodología BIM.

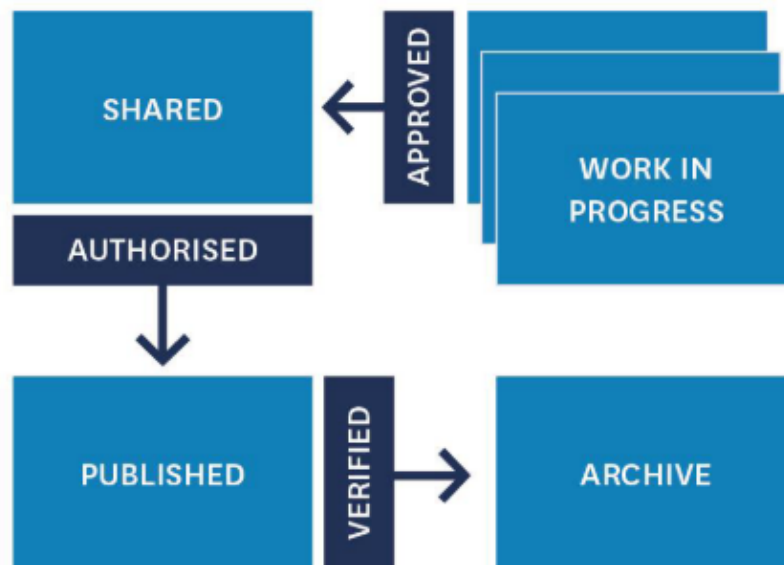


Figura 10. Entorno Común de datos basado en la PAS 1192.2:2013. Fuente: Manual BIM de Obra Civil e Infraestructura.

En los capítulos 3-8 se describen los procedimientos que se realizan entorno a AutoCAD Civil 3D, por lo tanto, son importantes para los usuarios habituales de este programa. Estos capítulos requieren un conocimiento básico del programa y no son un manual de software. Estos capítulos recogen la siguiente información:

- Las plantillas, los puntos de referencia, sistemas de coordenadas y la revisión de documentos que realiza la empresa en cuanto al programa.
- Estructuración del modelo, estructuración de los archivos, sistemas de referencia, nomenclatura de los modelos, nomenclatura de los objetos y el Nivel de Desarrollo (LOD).
- Gestión de los distintos módulos de herramientas que ofrece Autodesk, concretamente el módulo geotécnico del programa.
- La situación del modelo en el espacio, excavaciones para estructuras y excavaciones para corredores.
- Extracción de datos del modelo mediante planos de planta, perfiles longitudinales y transversales, así como tablas de cómputo de materiales.
- Control de calidad de los modelos BIM.
- Intercambio de información y formatos compatibles.

Por último, el documento consta de una serie de apéndices que recogen descripciones detalladas de algunos de los procesos que se han comentado durante todo el recorrido de este y una tabla con la nomenclatura de todos los objetos que se han utilizado en los proyectos.

2.3 Una aproximación a la Programación de obra

La programación de la obra se define como la coordinación de todos los recursos tanto humanos, materiales, equipo y financiero, en un programa, tiempo y coste determinado, necesarios para lograr alcanzar los objetivos planteados[25].

Todas las actividades relacionadas con el proceso de construcción se pueden cuantificar de manera esquemática en bloques que representen el número de horas, días, semanas o meses necesarios para completar cada una.

La planificación de una obra se trata de un proceso muy complejo debido a la cantidad de factores por la que se ve afectada y abarca todo el ciclo de vida, así que **el cronograma general no es la herramienta de comunicación adecuada para el equipo de ejecución**. Por tanto, es necesaria una programación que contenga exclusivamente las actividades que se van a realizar en un período de tiempo específico.

La programación convierte la red de actividades en una hoja de ruta dirigida a los equipos de obra, de forma que los trabajadores y los responsables puedan desarrollar sus tareas en una secuencia coherente con la planificación general de la obra, con un sentido del tiempo y con una visión sistemática y global del proyecto.

A modo de resumen, se puede decir que la programación es la traducción de la planificación global(macro) a un horizonte de duración limitada (micro), de cara a la asignación efectiva de la mano de obra y el equipamiento, la adquisición de materiales, la designación de responsables, las decisiones administrativas, la detección de desviaciones y la organización de las reuniones de coordinación[26].

2.3.1 Niveles de la programación

La programación se puede realizar con varios niveles de detalle y de alcance, dependiendo del tipo de decisiones que se vayan a tomar y de la valoración por los distintos escalones del ámbito empresarial. Como se puede intuir, el punto de vista de un proyecto no es el mismo para un jefe de obra que para la dirección de la empresa.

2.3.1.1 Programación a largo plazo

La programación a largo plazo es el primer nivel de detalle de la planificación. Tiene un carácter general y es adecuada para los niveles altos de dirección, ya que contiene pocos elementos, generalmente organizados por meses.

Se puede tomar como ejemplo de programación a largo plazo de un edificio en el que el cronograma representa únicamente los capítulos, paquetes o contratos.

Al tener un nivel genérico y poco detalle, la programación a largo plazo no sirve para la organización diaria del trabajo. Su potencial está en tener una visualización global de la obra, en la identificar rápidamente la fecha de inicio y final de cada etapa, de los hitos y del ritmo al que deben ejecutarse los principales procesos de producción.

La **programación a largo plazo** corresponde al **nivel estratégico de la organización**.

2.3.1.2 Programación a medio plazo

La programación a medio plazo representa el segundo nivel de detalle de la planificación y tampoco es apta para la conducción diaria del trabajo porque sigue siendo muy general. Su alcance es generalmente entre 5 semanas y 3 meses.

Esta programación se considera útil para los jefes de obra, ya que su función es elaborar el plan para comprar materiales y equipos, identificar la necesidad de comprar nuevos recursos, preparar la mano de obra con tiempo y detectar interferencias.

Otros de los objetivos del plan a medio plazo son:

- Agrupar trabajos independientes y compartir su supervisión.

- Identificar las áreas de trabajo que puedan servir como alternativa si surgen problemas con los paquetes de trabajo asignados a los equipos de producción.

Recientemente se vienen usando la expresión “lookahead planning” (planificación mirando hacia delante) para designar la programación a medio plazo.

La **programación a medio plazo** corresponde al **nivel táctico de la organización**.

2.3.1.3 Programación a corto plazo

La programación a corto plazo corresponde al tercer nivel de detalle de la planificación. Su duración es semanal o quincenal, ideal para los ingenieros, jefes y encargados de obra. Su función establecer directrices claras e inmediatas. Se considera la “agenda” de la obra.

La programación a corto plazo debe contener todo el nivel de desglose de la planificación en las actividades que se van a ejecutar en los próximos días. El grado de detalle de la programación se incrementa a medida que se acerca el inicio de la actividad.

Últimamente, el término “**last planner**” (último planificador) ha ido ganando fuerza para referirse a la **programación a corto plazo**.

2.3.1.4 Resumen

Las investigaciones realizadas en los países más desarrollados revelan que los equipos más productivos son precisamente aquellos dedican más tiempo a entender y comentar la programación.

La siguiente tabla resume los tipos de programación explicados anteriormente.

Punto de Vista	Nivel	Ámbito
Dirección de la empresa	Estratégico	Largo Plazo
Jefe de Obra	Táctico	Medio Plazo
Equipos de ejecución	Operativo	Corto Plazo

Tabla 1. Tipos de programación según nivel de detalle. Fuente: Elaboración propia.

2.4 Trabajo Colaborativo

Según se recoge en libro “BIM: Diseño y gestión de la Construcción”[27], la potencia de la tecnología BIM reside en la **transferencia de las bases de datos de un software a otro**, realizando cada una de las aplicaciones informáticas un tratamiento distinto de la información. El fin último es aportar valor al proyecto en cada fase de realización del mismo. Por tanto, lo esencial en esta metodología es el trabajo colaborativo en el que todas las partes implicadas en el sector AEC participan en la ejecución de la obra final aportando información a tiempo real de cada una de sus disciplinas y a lo largo de todo el ciclo de vida de la infraestructura.

Dependiendo del tamaño de la empresa y de su organización interna, en cualquier **flujo de trabajo colaborativo** podremos encontrar diferentes **roles**, algunos con trabajos especialmente dedicados a la fase de proyectos y otro indicados a las fases de obras.

En el caso de este TFG, que se refiere a la aplicación de la tecnología BIM a la planificación de la **construcción de un aparcamiento subterráneo**, aparecen una serie de roles o disciplinas (especialistas) que aparecen en un determinado momento a lo largo de la construcción de la obra. Cada uno de estos especialistas se encargarían de realizar un modelo BIM según su disciplina para luego vincularlo al modelo central y así tener la información compartida entre todo el equipo (trabajo colaborativo).

A continuación, se va a exponer los roles BIM que se necesitarían en la **empresa constructora** para la

construcción de la obra descrita en este TFG, si se quiere aplicar la tecnología BIM al proceso de construcción.

- **BIM Manager:**

Las funciones de este rol será la correcta implantación y el uso de la metodología BIM, coordinando el modelaje del proyecto y los recursos en colaboración con todos los agentes implicados, asegurando la correcta integración de los modelos y sus disciplinas con la visión global del proyecto, coordinando también la generación de contenidos y documentación estipulada en el BEP.

- **Arquitecto:**

Se encarga de realizar el diseño arquitectónico del modelo de construcción. Su responsabilidad BIM se centra en el diseño del modelo BIM 3D, aportando los parámetros de la construcción y sus valores de proyecto.

- **Ingeniero geotécnico:**

Se encarga de realizar el análisis y diseño de las cimentaciones especiales en función de los datos tomados in situ, complementando a los trabajos que debe realizar el ingeniero de estructuras.

Dentro del flujo de trabajo BIM, se encarga de suministrar datos para que luego pueda incluirlos el ingeniero de estructuras en el modelo BIM estructural.

- **Ingeniero de estructuras:**

Se encarga de realizar el modelo BIM 3D conceptual de la estructura en función del diseño arquitectónico aportado por el arquitecto, introduciendo las propiedades necesarias en el modelo 3D si este no los aporta inicialmente, para luego poder vincularlo con un programa de cálculo estructural mediante la interoperabilidad entre las herramientas informáticas. El ingeniero puede realizar distintas simulaciones de cálculo bidireccionalmente con el programa de cálculo y el de diseño, encontrando la solución óptima y económica con un flujo de trabajo más cómodo y más rápido.

- **Ingeniero de instalaciones MEP:**

Se encarga de realizar el diseño del modelo BIM 3D de las instalaciones (climatización, fontanería, saneamiento, eléctrica, contra incendios, solar térmica, etc.) de forma análoga al especialista de estructuras. Además, determinará el uso BIM en simulaciones MEP, análisis y documentación.

- **Ingeniero civil de Gestión de obras:**

Se encarga de realizar las planificaciones de las obras, que debe definir los equipos de ejecución y estimar los rendimientos a obtener para cada unidad de obra, y aplicarlos a la programación de la obra. También, son los encargados de realizar las mediciones de la obra ejecutada y la posterior relación valorada de la obra que es la pieza en la que se sustenta la Certificación de Obra por parte del Director de Obra.

Al trabajar con la metodología BIM es necesario hacer un cambio de mentalidad en los proyectos y obras. Se trata de entender a los mismos como un conjunto de bases de datos que son intercambiadas entre los diferentes agentes implicados. En un Proyecto u obra tradicional no participaban los fabricantes o suministradores, en cambio, ahora se pretende buscar una conexión entre el mundo de los fabricantes y suministradores con los proyectos BIM.

Teniendo en cuenta este nuevo concepto de trabajo, toman una importancia vital una serie de objetos que son utilizados en el modelo virtual con diferentes objetivos. Estos objetos se denominan “Familias” en Autodesk Revit u “Objetos Paramétricos” (GDL) en Archicad. En nuestro caso, vamos a seguir con la primera denominación ya que se va a trabajar con el software primeramente mencionado.

Es importante destacar, que todo el flujo de trabajo a lo largo de la realización de este TFG tiene que tener coherencia, ya que se va a trabajar con parámetros que se van a transferir de unos modelos a otros. Por tanto, las familias del modelo y la distribución de las mismas en este deben estar orientadas a la futura planificación BIM 4D.

3 METODOLOGÍA DEL TRABAJO

A continuación, se van a describir los procesos de trabajo que desarrollarán para la realización de este TFG, que permitirán tener una guía que permita concluir con éxito el objetivo propuesto.

Para ello es necesario partir de evaluar el estado del arte en el cual se encuentra actualmente la aplicación de la tecnología BIM al proceso de Planificación de Obras en las construcciones civiles.

3.1 El Estado del Arte sobre la dimensión BIM 4D

Se trata del primer paso para abordar un trabajo de investigación. El análisis del estado del arte va a consistir en la búsqueda y estudio de la bibliografía sobre la posición de la metodología BIM en relación con la construcción de obras civiles, concretamente en la Planificación BIM 4D de obras, centrando la búsqueda en las siguientes bases de datos:

- Publicaciones en revistas científicas.
- Publicaciones académicas sobre TFG's, TFM's y Tesis elaborados en las universidades y relacionados con la materia en cuestión.
- Libros sobre la materia.
- Análisis de webs sobre la materia.

Una vez realizada esta tarea, se deberá haber obtenido las referencias bibliográficas que van a ser utilizadas para la elaboración del trabajo. Toda esta bibliografía encontrada va a ser gestionada mediante la aplicación de referencia en los trabajos de investigación universitaria, como es el gestor de referencias bibliográficas MENDELEY.

3.1.1 Publicaciones en revistas científicas

Las revistas científicas aportan conocimientos profundos bien contrastados por profesionales altamente reconocidos. Tras una búsqueda detallada, no se han encontrado revistas científicas especializadas en la metodología BIM aplicada a la ingeniería civil y, mucho menos, a la planificación BIM 4D. Por tanto, se ha decidido realizar una búsqueda de publicaciones científicas con la palabra "BIM 4D" desde 2015 hasta la actualidad. Los buscadores que se han utilizado para realizar la búsqueda son los siguientes:

1. Google Académico (<https://scholar.google.es/>)
2. Dialnet (<https://dialnet.unirioja.es/>)
3. Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>)
4. Scopus (<https://www.scopus.com/home.uri>)
5. Engineering Village (<https://www.engineeringvillage.com/home.url>)
6. IeeeXplore (<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>)

A continuación, se expone una relación de los artículos más interesantes que se han encontrado sobre temas relacionados con la planificación BIM 4D en los últimos años. Este listado muestra las diferentes líneas de trabajo que están siguiendo las investigaciones de los profesionales del sector AEC.

- Metodología BIM 4D aplicada ao planeamento e controle de obra em uma estação de tratamento de agua.
- Experiencia docente colaborativa entre universidades. Desarrollo 4D y 5D a partir de un modelo 3D BIM.

- Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D.
- Using 4D BIM in the Retrofit Process of Social Housing.
- A critical Appraisal of Integrating 4D and 5D BIM into Construction Practice.
- Integrating 4D BIM and GIS for Construction Supply Chain Management.
- Quantity Assessment of Building Constructability Using BIM and 4D Simulation.
- Surveying the extent and use of 4D BIM in the UK.
- Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção.
- Risk Information Management for Bridges by Integrating Risk Breakdown Structure into 3D/4D BIM.
- Relações entre o BIM 4D e o método de planejamento de tempos tradicional em um modelo residencial: estudo de caso.
- Impacts of 4D BIM on construction project performance.
- An Empirical Study on the Acceptance of 4D BIM in EPC Project in China.
- 4D BIM application in AEC industry: impact on integrated project delivery.
- Planificación 4D en la obra de edificación Villa Municipal Bolivariana Torre C-D, aplicando Softwares especializados BIM y parte de la herramienta Last Planner.
- Strategies for Representation and Analyses of 4D Modelling Applied to Construction Project Manager.
- The Challenge of Level o Development in 4D/BIM Simulation Across AEC Project Lifecycle. A case Study.
- A quantitative analysis on the feasibility of 4D Planning Graphic Systems versus Conventional Systems in building projects.
- Supporting constructability analysis meetings with Immersive Virtual Reality-based collaborative BIM 4D simulation.
- BIM-supported 4D acoustics simulation approach to mitigating noise impact on maintenance workers on offshore oil and gas platforms.
- 4D BIM for Environmental Planning and Management.
- Site logistics planning and control for engineer-to-order prefabricated buildings systems using BIM 4D modelling.
- Assessins usefulness of 4D BOM tools in risk mitigation strategies.
- Appearance-based material classification for monitoring of operation-level construction progress using 4D BIM and site photology.
- Project Scheduling Techniques withina Building Information Modeling (BIM) Enviroment: A Survey Study.
- 3D and 4D modelling for AR and VR app developments.

3.1.2 Publicaciones académicas

Con el objetivo de tener una visión global del desarrollo que vienen haciendo las publicaciones académicas (TFC, TFG, TFM, Tesis y otros documentos de divulgación académica) sobre la metodología BIM, se ha desarrollado una búsqueda en los repositorios de trabajos de las siguientes Universidades:

- Universidad de Sevilla (<http://bibing.us.es/proyectos/>)
- Universidad Politécnica de Cataluña (<https://upcommons.upc.edu/>)
- Universidad Politécnica de Madrid (<http://oa.upm.es/>)
- Universidad Politécnica de Valencia (<https://riunet.upv.es/>)
- Universidad de Granada (<http://digibug.ugr.es/>)
- Universidad de Cantabria (<https://repositorio.unican.es/xmlui/>)
- Universidad de Burgos (<http://riubu.ubu.es/>)
- Universidad de Castilla La Mancha (<https://ruidera.uclm.es/xmlui/>)
- Universidad Europea de Madrid (<https://abacus.universidadeuropea.es/>)

Se puede concluir que la publicación de trabajos en cuanto a la Metodología BIM en Obra Civil y, concretamente, para la planificación BIM 4D es muy reducida. No significa que no existan más publicaciones académicas acerca de Metodología BIM en general, pero prácticamente la totalidad de los trabajos se refieren al modelo 3D en Arquitectura y por tanto se han obviado este tipo de trabajos.

3.1.2.1 Trabajos encontrados

A continuación, se reflejan los trabajos más destacables que se han encontrado sobre lo que compete a este documento:

- *Aplicación de la Metodología BIM al proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial. Modelo BIM 3D Obra Lineal.* Trabajo Fin de Máster (2018), Miguel Ángel Ferreiro Morales (US).[28]
- *Aplicación de la Metodología BIM al proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial. Modelo BIM 4D planificación.* Trabajo Fin de Máster (2018), Juan Bautista Bermejo García (US).[29]
- *Aplicación de la Metodología BIM al proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial. Modelo BIM 5D Costes.* Trabajo Fin de Máster (2018), Carmen Vera Galindo (US).[30]
- *Programación y control de obras mediante BIM 4D.* Trabajo de Fin de Grado (2017), Manuel Castilla Flores (US).[31]
- *Gestión de procesos BIM en un proyecto de ejecución. Casa Panthöfer.* Proyecto Fin de Grado (2015), Manuel Muñoz Tinoco (US).[32]
- *Estudio sobre la implementación de la tecnología BIM en las contrataciones de obra pública.* Trabajo Fin de Máster (2015), Victoria Domínguez Blanco (US).[33]
- *Implementación de la metodología BIM en el Project Management.* Trabajo Fin de Grado (2016), Santiago Agustí Brugarolas (UPC).[35]
- *Posibilidades de la tecnología BIM en la Ingeniería Civil.* Trabajo Fin de Máster (2019), Luis Augusto Pérez González (UPM).[36]
- *Elaboración efectiva del modelo de información de construcción de una nave industrial trabajando bajo plataforma BIM.* Trabajo Fin de Grado (2017), Joaquín Antonio Yañez Martín (UPM).[37]
- *Interacción de procesos BIM sobre una vivienda de movimiento moderno.* Trabajo Fin de Grado (2013), Iván Gómez Fernández. (UPV).[38]
- *Incorporación de la Metodología BIM en Gestión Integrada de Proyectos.* Trabajo Fin de Máster (2016), Margarita Cárdenas Menéndez (UEM).[39]

Y como tesis doctoral se ha encontrado *Modelado y medición BIM siguiendo los criterios de la BCCA*. Tesis Doctoral (2017), Elías Cózar Cózar (US).[34], dirigida por Dña. Pilar Mercader (Departamento de Construcciones Arquitectónicas I de la US).

El trabajo más destacado, para la realización de este TFG, es el Trabajo Fin de Máster *Aplicación de la Metodología BIM al proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial. Modelo BIM 4D planificación* [29], realizado por D. Juan Bautista Bermejo García y dirigido por el tutor D. Blas González González, en el que se realiza un trabajo colaborativo entre las disciplinas 3D, 4D y 5D de la Metodología BIM. El trabajo tiene una parte común donde se trata todo lo relacionado con BIM y el trabajo colaborativo entre las distintas disciplinas que pueden plantearse en un equipo de trabajo. En un equipo de trabajo que desarrolla tres disciplinas y, luego, se centra en la disciplina BIM 4D aplicándolo a un proyecto constructivo real.

Otro trabajo que se puede destacar es *Programación y control de obras mediante BIM 4D*[31], ya que realizada el modelado BIM 3D de una vivienda unifamiliar con Autodesk Revit v.2017 y su posterior programación de obras BIM 4D con Synchro PRO. También deja muy interesantes aportaciones sobre todo lo significa el Project Management.

Otro de los documentos más representativos es *Incorporación de la Metodología BIM en Gestión Integrada de Proyectos*[39] en el que se recogen las ventajas que ofrecen los flujos de trabajo que incorpora la Metodología BIM. Según se recoge en estas páginas, la gestión de proyectos con la Metodología BIM aporta grandes beneficios al Project Manager, que tiene que ser capaz de actualizarse y adaptarse al sector, interpretando y entendiendo la información que aporta BIM y las herramientas que puede utilizar para sacarle partido a esta.

Hasta el momento, la disciplina de Arquitectura está siendo la que está adquiriendo mayor madurez en cuanto a la metodología BIM por eso se ha querido destacar el trabajo *Elaboración efectiva del modelo de información de construcción de una nave industrial trabajando bajo plataforma BIM*[37]. En este documento es capaz de aplicar la metodología BIM utilizando los softwares AutoCAD v.2015 y Autodesk Revit v.2016, resaltando la importancia de la visualización tridimensional de los modelos y la capacidad de resolver conflictos entre las distintas disciplinas.

3.1.3 Libros sobre la materia

Para la realización de la búsqueda de libros que están relacionados con la planificación de obras y con la dimensión BIM 4D o similares, se ha recurrido al buscador del Catálogo de la Biblioteca de la Universidad de Sevilla (https://fama.us.es/discovery/search?vid=34CBUA_US:VU1&lang=es). Para ello, se han introducido una serie de palabras clave:

- Planificación BIM 4D (1 Resultado)

No se han encontrado libros en la Biblioteca de la US, y sólo aparece en este concepto el TFM referenciado más arriba.

- Planificación de obras (711 resultados) de los cuales se destaca:
 - Métodos de Planificación y control de obras: del diagrama de barras al BIM (2014) por Fernando Valderrama, Aldo Dórea Mattos, Manuel Javier Martínez Ruiz y Jorge Sainz [26].
 - Planificación Técnica (2009) por Carlos Tutor Larrosa [40].
- Programación de obras (116 resultados), destacando:
 - La Programación en la Construcción: El PERT en versión completa (2003) por Jesús Mateos Perera [41].

3.1.4 Webs

Para la realización de este trabajo se han tenido que consultar una gran variedad de webs para cada una de las disciplinas que se han tratado. Las páginas web más utilizadas han sido:

1. BuildingSMART International (<https://www.buildingsmart.org/>)
2. BuildingSMART Spanish Chapter (<https://www.buildingsmart.es>)
3. Comisión BIM España (<https://www.esbim.es/>)
4. iTeC <https://itec.es/>
5. Ayuda de Revit Revit (<https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/ESP/>)
6. Synchro (<https://www.synchroltd.com/>)
7. Blog de expertos (<https://www.espaciobim.com/>)

3.2 El proceso hasta llegar al modelo BIM 4D de la obra.

Este epígrafe trata de explicar la metodología que se va a seguir para la realización del modelo BIM 4D de la infraestructura nodal. Dicha metodología queda resumida en el esquema que se muestra en la *Figura 11*.

Las fases que se desarrollarán serán:

1. Recopilación de toda la información

Se llevará a cabo una recopilación de toda la documentación pertenecientes a la Memoria, Anejos, Planos y archivos de los diferentes modelos que pertenece al TFM que elabora el proyecto del aparcamiento subterráneo en la avenida El Cid (Sevilla). Dicha información va a ser aportada por el autor del TFM con su respectivo fichero de organización de datos.

2. Importación del modelo 3D

Tras un análisis previo, se procederá a la importación del modelo realizado en AutoCAD 3D al programa Synchro. Con esta importación se podrá comprobar, mediante un análisis de si es, o no, panificable el modelo importado, y por tanto verificar la interoperabilidad que pueden tener estas dos herramientas.

3. Modelado con una herramienta BIM 3D

Si el modelo no es panificable, habrá que buscar una alternativa como puede ser realizar el modelado de la infraestructura nodal en Autodesk Revit 2019 teniendo en cuenta las especificaciones técnicas y de diseño del proyecto, pero sobre todo adaptándolo a la futura planificación.

4. Importación del modelo BIM 3D

Si se ha realizado el modelo BIM 3D, se procederá a la importación del modelo realizado en Autodesk Revit 2019 a Synchro PRO.

5. Comprobaciones y correcciones en el modelo BIM 3D

Tras haber importado satisfactoriamente el modelo a Synchro PRO, se procederá a hacer un análisis de las posibles carencias, tanto visuales como paramétricas, que se puedan encontrar y, se tratarán de corregir mediante las diferentes técnicas y herramientas que ofrece el programa de planificación BIM 4D.

6. Desarrollar un Plan de Obra

A partir del **Plan de Obra del proyecto** y del **modelo importado**, se desarrollará un nuevo Plan de Obra sobre el modelo 3D, generando el modelo 4D que permita verificar espacialmente la programación inicial del proyecto y modificar la misma para asegurar la viabilidad de la ejecución real de la construcción. Para ello, se realizará:

a. Introducir el nuevo Plan de Obra en Synchro PRO

Se introducirán las distintas tareas que se tienen que llevar a cabo para la ejecución del aparcamiento subterráneo y se establecerán unas relaciones de precedencia que se asemejen lo máximo posible a la planificación real de la obra.

b. Cálculo de rendimientos y duraciones de las actividades

Con el objetivo de calcular unas duraciones que tengan coherencia con la realidad, se procederá a realizar un cálculo de los rendimientos de obra de cada una de las tareas que hay que desempeñar. Con estos rendimientos se establecerán reglas de rendimiento de Synchro y, junto con las mediciones que se han importado, permitirán al programa realizar un cálculo interno de las duraciones.

c. Asignación de Recursos 3D a las actividades

Una vez definidas todas las actividades y sus duraciones se asociarán las mismas a cada uno de los Recursos 3D que se han creado con la importación, con las diferentes técnicas que ofrece el programa Synchro PRO.

d. Asignación del equipamiento a las actividades.

Se establecerá una metodología para incluir los equipos de producción en la ejecución de las distintas actividades que se van a ejecutar para la construcción.

7. Simulación de la ejecución de las diferentes unidades del Plan de Obra.

Una vez que se hayan asociado todos los Recursos 3D a las tareas de la planificación del Plan de Obra, se hayan establecido todas las relaciones de precedencia y se haya realizado el cálculo de todas las duraciones, se realizará la simulación de la ejecución de todas las unidades de obra planificadas. Con esta simulación se pueden estudiar las posibles carencias o errores que puede tener la planificación de una manera más rápida y visual que con los métodos tradicionales de planificación. Este paso se trata de una de las esencias de la planificación BIM 4D.

8. Presentación final de la ejecución de obra mediante una animación 4D-

Con el modelo BIM 4D ajustado a todas las necesidades del planificador y optimizado, se realizará una animación 4D con la simulación de la ejecución de la obra. Este video servirá como presentación de dicho TFG y **simulará la presentación de una oferta técnica en una licitación pública** por parte de la empresa constructora.

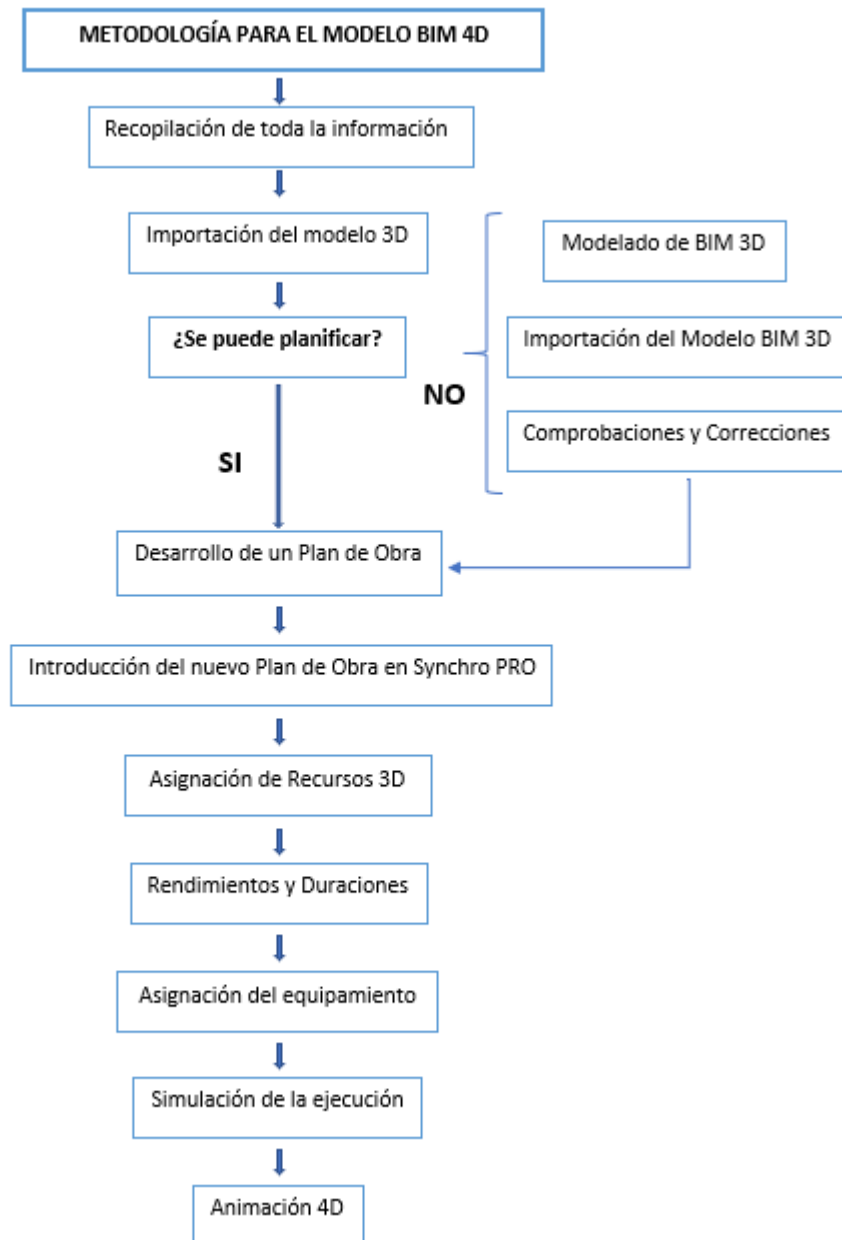


Figura 11. Esquema de la Metodología del Modelado del Proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

3.3 Resultados Comparados

Una vez que se realice el modelo BIM 4D de planificación de obras, se realizará una comparativa entre el Plan de Obra estimado en el proyecto de referencia y la planificación obtenida tras la aplicación del nuevo Plan de Obra en la herramienta informática.

4 LA PLANIFICACIÓN EN LAS OBRAS

La información rápida es un recurso que vale oro

- Aldo D.Mattos, Fernando Valderrama, 2014 -

La construcción es uno de los sectores industriales que ha sufrido los cambios más importantes a lo largo de la historia y sobre todo en estos últimos años. Debido a la intensificación de la competencia, la globalización de los mercados, la demanda de artículos más modernos, la velocidad con la que surgen nuevas tecnologías, el aumento del nivel de exigencia de los clientes y la limitada disponibilidad de los recursos financieros para llevar a cabo los proyectos, las empresas se han percatado que es fundamental invertir en la planificación y el control de los proyectos desde su nacimiento hasta su consecución y su posterior mantenimiento, ya que sin estos sistemas de dirección se pierden de vista los principales indicadores: el **tiempo**, el **coste**, el **retorno de inversión**, el **beneficio** y el **flujo de caja**.

Según estudios realizados en diversos países, la falta de planificación y control está íntimamente relacionado con la baja productividad de una empresa. En este contexto, los procesos de planificación y control pasan a ser uno de los aspectos fundamentales de la empresa, ya que se puede ver que tiene un gran impacto en el rendimiento de la producción.

En la actualidad, más que nunca, la planificación es una forma de asegurar la sostenibilidad de la empresa por su capacidad para que los administradores obtengan respuestas eficaces y rápidas, debido al seguimiento exhaustivo de la evolución del proyecto.

Otro de los aspectos que ha sufrido un cambio importante en este sector es el enfoque que los profesionales de la construcción le están dando a los proyectos.[26]

4.1 Condiciones de la Planificación de la Obra

Según recoge en su libro el autor Carlos Tutor Larrosa[40], la planificación, al igual que se hace de manera automática en el día a día de una persona, es algo imprescindible en un Proyecto, antes de abordar su ejecución, para conseguir el objetivo de cumplir los plazos sin acarrear unos sobrecostes elevados.

Siempre se ha dicho que se sigue un programa en todos los campos menos en la construcción. Es frecuente que en algunas obras se tenga algún programa que se empezó a seguir en el principio de ésta y que se dejó de seguir al poco tiempo. Esta situación se puede encontrar desde la obra más pequeñas hasta en las que se invierten cientos de millones de euros.

Por eso es cada vez más importante disponer de un programa que sea fiable y realista, que se pueda seguir de forma periódica y que pueda ser actualizado de una forma constante con la información obtenida de los últimos inconvenientes surgidos.

El tiempo que se dedica a la correcta realización de un buen programa de obra, será el tiempo mejor invertido, ya que el objetivo de estos es evitar esos retrasos que se producen por la ejecución de una obra improvisada.

A continuación, se muestran algunas de las condiciones que debe tener un programa para que sea lo suficientemente bueno para su seguimiento y que sirva de ayuda para todas las partes intervinientes en la obra.

- Es un error pensar que se puede utilizar un programa para todos los aspectos de la obra. Seguramente, en lugar de ser un elemento de ayuda va a ser un problema.
- Un programa que se utilizar para la construcción debe estar centrado en las actividades para llevar a cabo la ejecución de la obra.

- Hay que hacer una buena elección de las actividades que se van a programar, pensando cómo se va a ejecutar la obra y no simplemente plasmar las actividades que recogidas en el presupuesto de la obra.
- El programa debe ser íntegro, es decir, que recoja la obra en su totalidad
- Debe ser inteligible para cualquier persona ajena a la realización del programa, ya que generalmente suele ser una persona distinta la que ejecuta la obra.
- Su seguimiento deber ser realista, ya que, en caso contrario, es imposible cumplir los plazos estimados y finalmente se acabará abandonando el programa.
- El programa debe gozar de la confianza de quien ha de verlo, entenderlo y seguirlo, y debe ser quién termine de ultimar los últimos detalles de este.

4.2 Estructuración de Actividades

4.2.1 Significado de la Estructura de Desglose del Trabajo (WBS)

La técnica de dejar paquetes grandes de trabajo para su posterior descomposición se llama “planificación por ondas” (Rolling Wave Planning). A medida que se aproxima el momento de la ejecución del paquete, el grado de información crece y el planificador puede aumentar el nivel de detalle de la planificación.

La programación de una obra deber seguir una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) o Work Breakdown Structure (WBS). La WBS es una lista de todas las tareas a realizar en una secuencia determinada por la naturaleza del proyecto, como si fuera el índice de un libro. A través de esta descomposición, la obra se descompone progresivamente en unidades más pequeñas y más fáciles de manejar. Los grandes cloques se van desmenuzando sucesivamente, y así se crean paquetes de trabajo cada vez más pequeños, hasta que se alcanza un nivel de detalle que permita planificar, es decir, asignar duraciones y recursos a las actividades y facilitar la atribución de responsabilidades.

Esta WBS se encuentra en la **norma ISO 21500: Guía para la gestión de proyectos**.

Esta WBS se puede imaginar como un árbol invertido, donde el nivel superior representa todo el alcance. Desde este nivel se empieza a desglosar en tantas ramas o nodos como sea necesario para representar los grandes capítulos del proyecto. Cada elemento de segundo nivel se descompone en componentes más pequeños en el tercer nivel y así sucesivamente. A medida que la WBS se desarrolla, los paquetes de trabajo son más pequeños y están mejor definidos. Por tanto, es más fácil asignarles una duración e identificar la tarea para controlar su avance en la obra.

No existe una regla fija para desarrollar una WBS, ya que dos planificadores pueden llegar a dos soluciones muy diferentes teniendo en cuenta la misma obra. Lo más importante es la “regla del 100%”, que indica que todos los trabajos que constituyen la obra deben estar identificados.

Teniendo en cuenta esta reflexión, existen distintas formas de organizar una WBS[26]:

- **Descomposición en partes físicas:** la WBS desciende hasta el cuarto nivel. En los niveles más inferiores hay en total nueve paquetes de trabajo, que son los que integran la planificación.

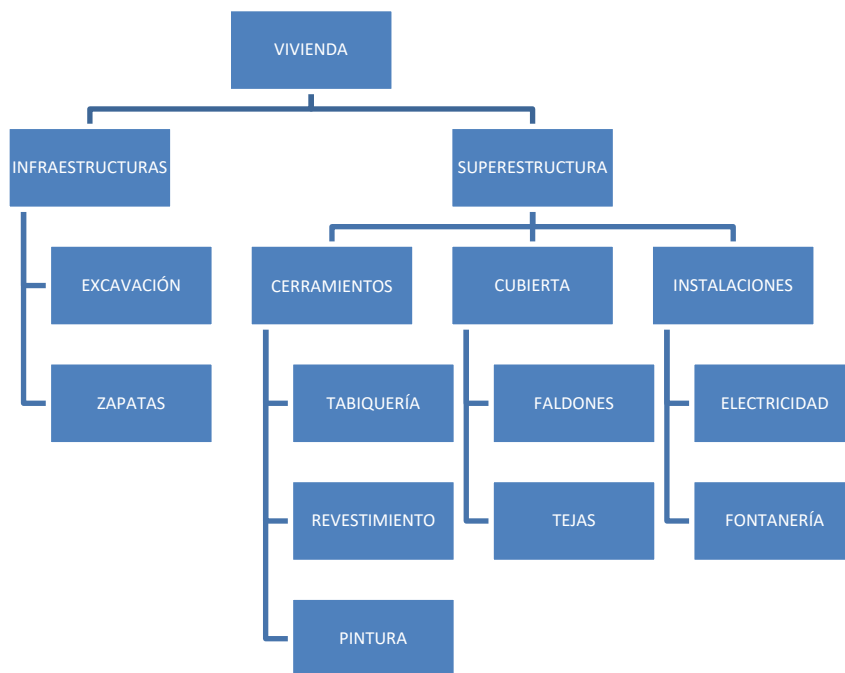


Figura 12. WBS en partes físicas para una vivienda. Fuente: Elaboración propia según [26].

- **Descomposición por capítulos:** la WBS desciende hasta el tercer nivel, con lo que un total se desglosa en seis paquetes de trabajo que corresponden a los capítulos tradicionales de un presupuesto.

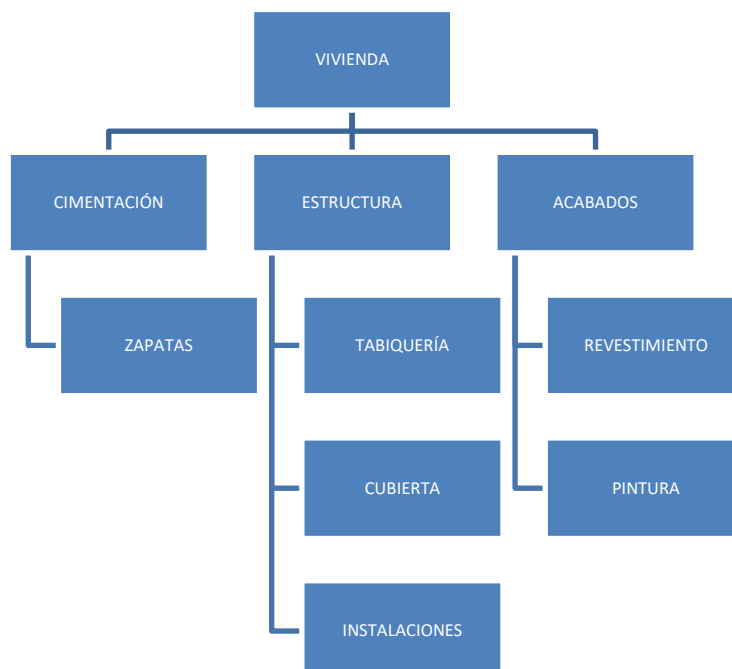


Figura 13. WBS por capítulos para una vivienda. Fuente: Elaboración propia según [26].

- **Descomposición por oficios:** la WBS desciende en este caso hasta el quinto nivel y define tres

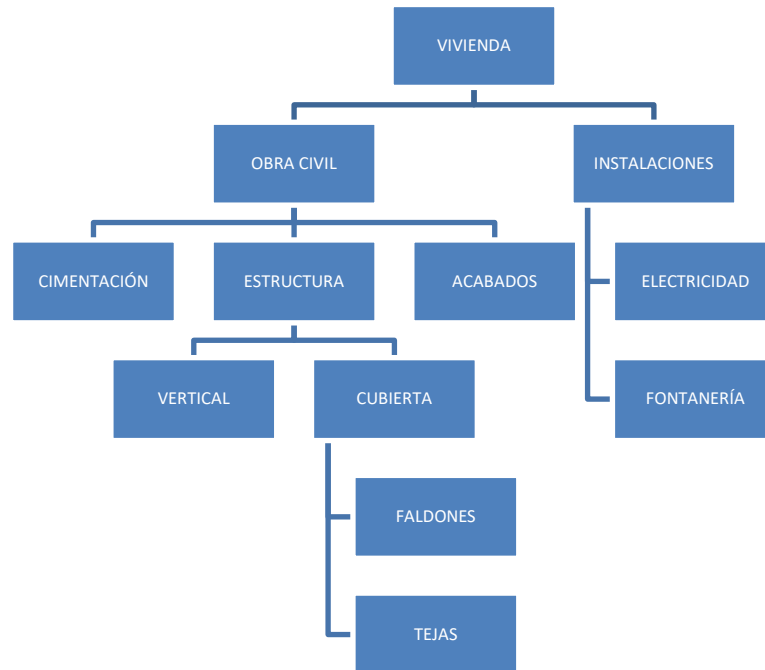


Figura 14. WBS por oficios para una vivienda. Fuente: Elaboración propia según [26].

- **Descomposición por contratos:** La WBS desciende hasta el tercer nivel y define seis paquetes de trabajo. La división del segundo nivel sólo tiene sentido si la separación entre trabajos propios y subcontratados es muy importante desde el punto de vista de la empresa.



Figura 15. WBS por contratos para una vivienda. Fuente: Elaboración propia según [26].

- **WBS analítica:** esta es la forma habitual en la que se presenta en los programas informáticos. Cada nivel de la WBS se adentra más que su superior.

Este formato es muy cómodo para la realización de informes y a cada elemento se le asocia normalmente un número decimal, quedando la obra totalmente codificada.

-	0	Vivienda unifamiliar
- 1	01	Infraestructura
1.1	A	Excavación
1.2	B	Zapatas
- 2	02	Superestructura
- 2.1	0201	Cerramientos
2.1.1	C	Albañilería
2.1.2	D	Revestimiento
2.1.3	E	Pintura
- 2.2	0202	Cubierta
2.2.1	F	Entramado
2.2.2	G	Tejas
- 2.3	0203	Instalaciones
2.3.1	H	Electricidad
2.3.2	I	Fontanería

Figura 16. WBS analítica. Fuente: Elaboración propia según [26].

- **WBS como mapa mental:** es un diagrama que representa ideas dispuestas a partir de un concepto central. Tienen la ventaja sobre los diagramas de bloques de ser más flexible en la disposición gráfica. Pueden ser una solución muy útil visualmente y de fácil creación.

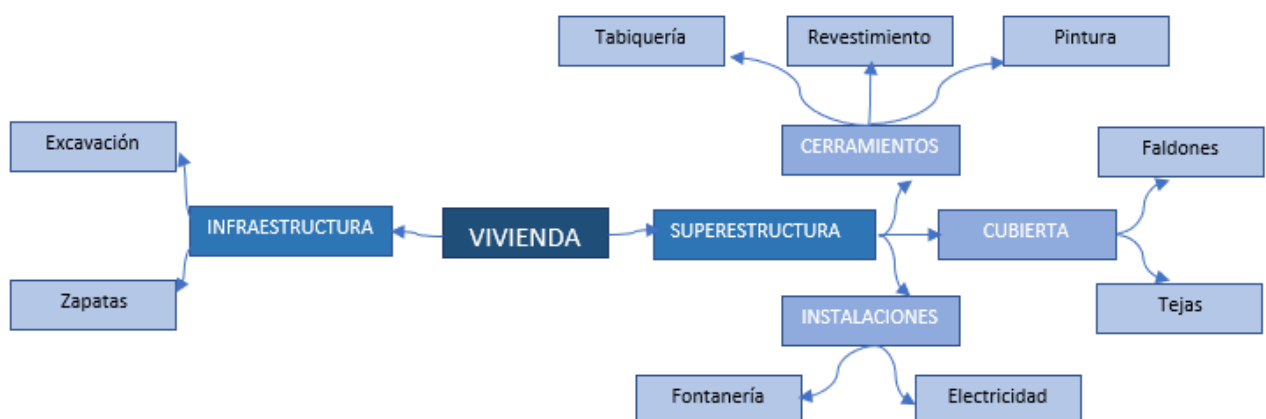


Figura 17. WBS como mapa mental para una vivienda. Fuente: Elaboración propia según [26].

4.2.2 Resumen de la WBS

A continuación, se expone las propiedades más importantes de una WBS y las ventajas sobre otros sistemas de estructuración de actividades según A.D.Mattos y F.Valderrama[26].

4.2.2.1 Propiedades

- Cada nivel representa un perfeccionamiento del nivel inmediatamente superior.
- Las tareas de un nivel representan el 100% del alcance de la tarea superior.
- La suma de las duraciones y el coste de los elementos de cada nivel son iguales que los del nivel inmediatamente superior.
- El conjunto, representa el alcance total de la obra.
- La misma actividad no puede estar en más de una rama.
- Dos actividades se excluyen mutuamente: no puede haber solape de trabajos entre ellos.
- Las actividades que no están incluidas en la WBS no forman parte de la obra.
- Las actividades se enumeran en el orden de asociación lógica de ideas, no en el orden cronológico.
- Las actividades de bajo nivel se pueden cuantificar y asignar a un responsable (persona o equipo).

4.2.2.2 Ventajas

- Sirve para ordenar el pensamiento y crea una matriz de trabajo lógica y organizada.
- Individualiza las actividades que serán las unidades de preparación del cronograma.
- Permite la agrupación de las actividades en familias relacionadas.
- Facilita la comprensión de actividades que se han tenido en cuenta y del razonamiento utilizado en la descomposición de paquetes de trabajo.
- Facilita la comprobación por personas externas al que ha realizado la WBS.
- Facilita la localización de una actividad dentro de un cronograma grande.
- La introducción de nuevas actividades es un proceso sencillo.
- Facilita el trabajo de medición, ya que utiliza actividades fin definidas y tangibles.
- Permite asignar códigos de control para la imputación de costes y duraciones.
- Evita que se creen actividades duplicadas.

4.3 Elementos de un programa de obra

Este epígrafe se trata de hacer una introducción de algunos de los elementos que se ven involucrados en un programa, a modo de pequeño diccionario para comprender los diferentes métodos de programación que se van a explicar en el siguiente epígrafe.

4.3.1 Grafos

Consisten en un esquema preliminar del objeto de estudio en el cual está basada toda la programación de este, es decir, permite reunir una gran cantidad de información en una pequeña superficie. Esta red de grafos muestra una secuencia lógica en la que se debe realizar el proyecto, y se especifica la interdependencia entre una actividad y otra.

Los grafos están formados por una serie de nudos que están conectados por una serie de arcos o flechas. Según el método que se esté trabajando estos elementos van a tener una prioridad y una función diferente.

Por ejemplo, si se está estudiando el problema con los métodos CPM y PERT, la prioridad la tienen los nudos que reciben el nombre de sucesos y los arcos son las actividades que indican la relación entre los sucesos.

En cambio, si se está estudiando el método de ROY, el protagonismo pasa a las actividades, siendo estas las que se enumeran y las que definen todo el proceso. Estas actividades están representadas a través de los nudos del grafo y los arcos son las ligaduras o restricciones que se le imponen a las actividades.

Según los apuntes de la asignatura “Planificación y Gestión de Obras” del Grado en Ingeniería Civil de la Universidad de Sevilla, existen dos tipos de representación:

- Con actividades en los arcos (AEA):
 - El proyecto se representa mediante un grafo $G(V, A)$
 - Los nodos o vértices representan las actividades que componen al proyecto.
 - Los arcos representan las relaciones de precedencia o prelaciones.
 - Se incluye un nodo inicial o un nodo final.

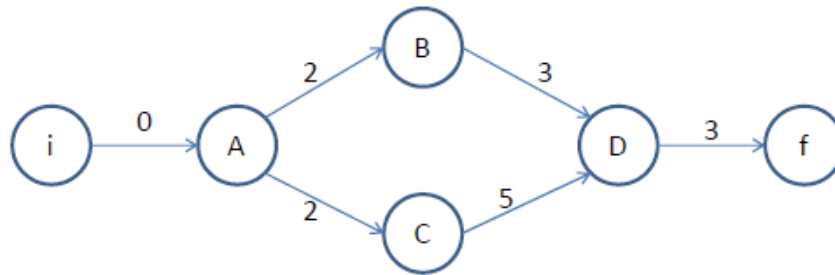


Figura 18. Grafo del tipo AEA. Fuente: Planificación y Gestión de Obras.

- Con actividades en los nodos (AEN):
 - El proyecto se representa mediante un grafo $G(V, A)$.
 - Los nodos o vértices representan eventos de inicio y fin de una actividad.
 - Los arcos representan las actividades y las relaciones de precedencia o prelaciones.
 - El nodo inicial representa el estado de comienzo del proyecto y el ultimo nodo su finalización.

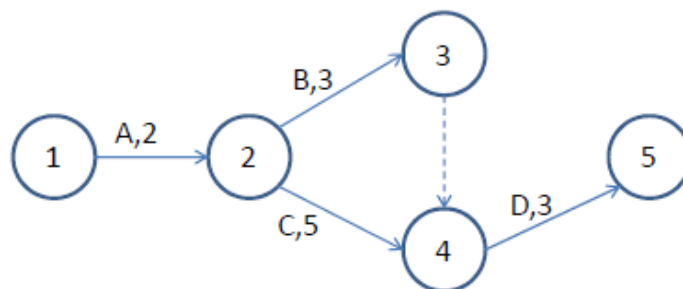


Figura 19. Grafo del tipo AEN. Fuente: Planificación y Gestión de Obras.

4.3.2 Actividades

Una actividad representa cualquiera de las partes en las que está dividido un proyecto, para cuya realización se requiere el empleo de tiempo y medios de producción.

El desarrollo de una actividad debe producirse de una forma continuada, sin saltos, ya que, si existe una parada por algún motivo y se reanuda después, ya no se habla de una actividad sino de dos, o al menos dos fases distintas de la misma operación. Por otro lado, los recursos que se le asignen deben permanecer a la misma desde su comienzo hasta su terminación.

Estas actividades pueden ser un proceso, una tarea, un suministro, un tiempo de espera, e incluso una relación entre dos actividades. Por tanto, se podrían clasificar las tareas en tres tipos:

- Actividades reales: consumen tiempo y medios de producción. Por ejemplo: cualquier trabajo común que puede realizarse en una obra en la que se necesita maquinaria y personal para realizarlo.
- Actividades de espera: consumen únicamente tiempo. Por ejemplo: la espera de alguna documentación o el fraguado del hormigón.
- Actividades ficticias: no consumen ninguno de los dos, pero son necesarias para completar la red de una forma óptima. Estas actividades existen en el PERT y en el CPM, no existiendo en el ROY.

En el método del CPM, como anteriormente se ha mencionado, las actividades están representadas a través de un arco con una flecha que indica el sentido de esta. Cada actividad tiene su comienzo en el suceso anterior y su final en el suceso posterior, exceptuando los sucesos de inicio y final.

En el método de ROY, las actividades constituyen los nudos del grafo que están representados por círculos, cuadrados, rectángulos o cualquier otra figura. Concretamente, los nudos representan el comienzo de la actividad y no la actividad al completo, quedando los finales indeterminados. Los arcos o flechas representan las ligaduras entre comienzos de cada actividad.

4.3.3 Sucesos

Un suceso representa un instante de referencia, que no consume ni tiempo ni medios, que marca el comienzo o la finalización de una actividad.

Como se ha comentado anteriormente, los sucesos forman parte de los grafos característicos de los métodos CPM y PERT, y están identificados por un número. A cada suceso debe llegar un arco y salir este, al menos, otro arco. En cambio, en el método de ROY los sucesos no aparecen tan nítidamente, siendo posible su inclusión a través de una falsa actividad de duración cero.

Es importante comentar que, en una obra, el suceso realmente representa un elemento, que no consume tiempo, en el que dos actividades pueden desarrollarse la una a continuación de la otra sin que transcurra tiempo entre la terminación de la primera y el comienzo de la segunda. Si esto no fuera así, y si al acabar una actividad transcurriese un tiempo de espera o de preparativos para la iniciación de la siguiente, se produciría el fenómeno de acumulación de tiempos en los nudos. Este fenómeno provoca grandes retrasos.

4.3.4 Actividades ficticias

Este tipo de actividades existen únicamente en los métodos CPM y PERT, y no en el ROY. Reciben el nombre de “ficticias” debido a que realmente no existen como tarea de ejecución física. Son actividades que no consumen ni tiempo ni recursos y su existencia en la red está motivada por la necesidad de relacionar dos sucesos para conseguir terminar una malla con una estructura lógica.

Las actividades ficticias suelen usarse cuando se quieren introducir conexiones obligatorias entre caminos. Un buen ejemplo de ello es cuando en una red se presenta la situación en el que dos actividades provengan y confluyan hasta el mismo nodo como se muestra en la **Figura 20**, este caso no es recomendable utilizarlo. Una forma de solucionar este problema es introduciendo un nodo, el cual se une a los nodos existentes a través de actividades ficticias. Estas actividades están representadas con líneas de puntos o discontinuas.

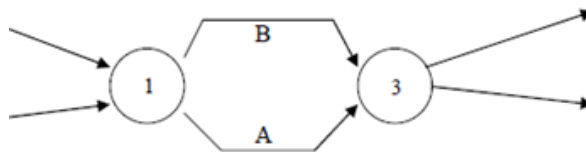


Figura 20. Situación para usar actividad ficticia. Fuente: Planeación, Programación y Control de Obras.

Otra situación que se puede presentar es una dependencia doble, es decir, cuando un nodo presenta más de una flecha de llegada o de salida. Este tipo de nudos recibe el nombre de estrella o cruz y son raramente utilizados, ya que se sustituyen por varios nudos conectados por actividades ficticias, como el ocurre en la actividad E de la **Figura 21**. En este ejemplo la actividad B no puede preceder hasta que las actividades A y C no estén terminadas. En cambio, la actividad D, sólo necesita la realización de C.

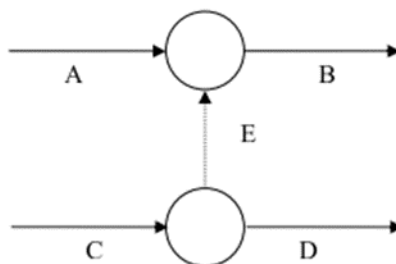


Figura 21. Ejemplo de actividad ficticia. Fuente: Planeación, Programación y Control de Obras.

Siempre existe la incertidumbre de cuando hay que usar las actividades ficticias o no, pero en caso de duda, siempre es buena solución ya que no hay ningún problema de que exista redundancia.

Se puede comentar que la existencia de las actividades ficticias pone de manifiesto una grave limitación de las redes CPM y PERT, ya que no pueden recoger completamente las restricciones que exigen los datos del problema.

4.3.5 Actividades “Hammock”

Las actividades “Hammock”, hamacas en español, son unas actividades que agrupan varias actividades donde existen dependencia entre estas.

Las “Hammock” son una especie de actividades resumen que se utilizan cuando se quiere condensar alguna de las áreas de los programas de obra con objetivo de reducir el número de actividades, fusionando conjuntos de tareas pertenecientes a un mismo capítulo en una especie de macroactividad que englobe a todas ellas.

Suelen llamarse actividades, pero realmente no lo son, ya que carecen de las características que tiene una actividad real: no tiene holguras, no puede aportar recursos, etc.

A continuación, con el objetivo de comprender con mayor claridad este concepto, se expone un ejemplo [41]:

Se plantea un edificio de viviendas en que cada planta hay una serie de actividades del capítulo de fontanería: apertura de rozas, instalación de tuberías, instalación de desagües, montaje de calentadores de agua, instalación de bañeras, fijación de aparatos sanitarios, etc. Podría ser de interés para algún usuario disponer de unas actividades “hammock” que se denominaran por ejemplo “Fontanería Planta Primera”, “Fontanería Planta Segunda”, etc. Y que englobasen en una sola actividad todas las tareas del capítulo de fontanería que hubiese en cada planta.

Gracias a esta condensación, el número de actividades se vería reducido en una cuantía muy importante y se podría imprimir un programa condensado, que tendría valor en ciertos estratos de la Dirección de Obra, aunque lógicamente **carecería de utilidad para la construcción**.

Las actividades “hammock” comprenden desde el inicio más temprano de la primera barra de ese grupo hasta el final más pronto de ese grupo. Por tanto, tienen una labor meramente informativa, indicando el tiempo que durarán los trabajos de ese grupo, la fecha de comienzo y de final.

4.3.6 Relaciones de precedencia

Para construir la red de grafos es necesario conocer todas las relaciones de precedencia entre actividades. Según [42] los tipos de relaciones se puede clasificar en:

- Dependencia directa:

En la **Figura 22** se puede observar que la actividad B depende de cómo se realice la actividad A. Por tanto, la actividad A sería predecesora de B y la actividad B sería sucesora de A.

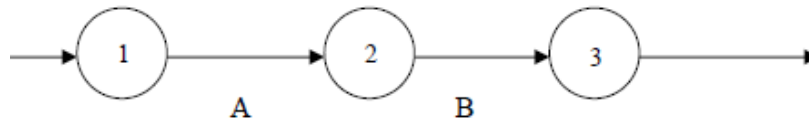


Figura 22. Dependencia Directa. Fuente: Planeación, Programación y Control de Obras.

- Dependencia compartida:

Se define cuando una actividad depende de la realización de dos actividades. En la **Figura 23** la actividad C depende de la actividad A y B. Por tanto, las actividades A y B son las predecesoras de C, y la actividad C es la sucesora de A y B.

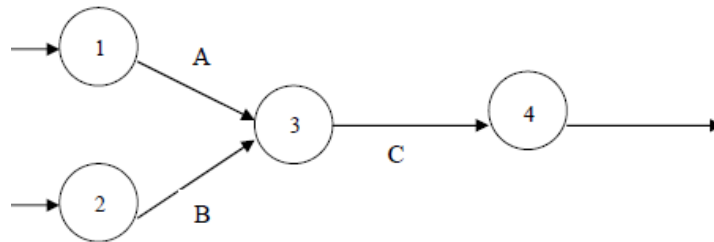


Figura 23. Dependencia Compartida. Fuente: Planeación, Programación y Control de Obras.

- Dependencia múltiple:

Se define cuando más de dos actividades pueden depender de la realización de su actividad precedente. En la **Figura 24** las actividades B y C dependen de la realización de A, como consecuencia, hasta que no se complete la actividad A no podrán realizarse las actividades B y C.

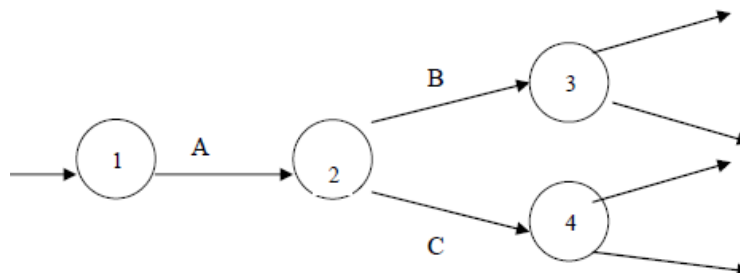


Figura 24. Dependencia Múltiple. Fuente: Planeación, Programación y Control de Obras.

- Efecto de cruz:

Se puede observar en la **Figura 25** que la actividad C y D dependen de la realización de las actividades A y B. Aunque esté completada la actividad A, sino está completada la actividad B no puede realizarse ninguna de las actividades posteriores.

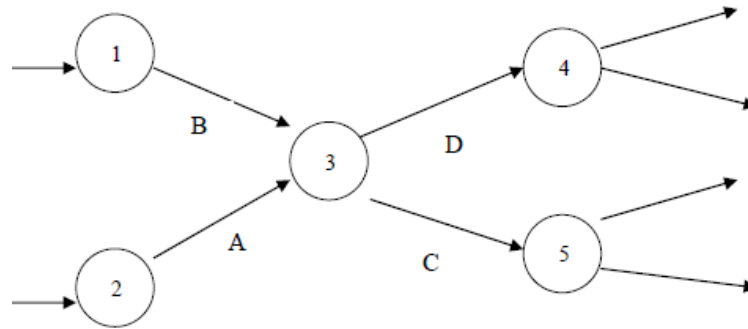


Figura 25. Efecto de Cruz. Fuente: *Planeación, Programación y Control de Obras.*

4.3.7 Hitos

Según Carlos Tutor Larrosa[40], los hitos son determinados eventos que pueden obligar a tomar decisiones importantes e introducir variaciones en el planteamiento inicial. Consiste en la fijación de una fecha para el cumplimiento de un determinado suceso en la obra. Estos sucesos pueden ser inicios, porcentajes de realización de alguna actividad o finales.

Los sucesos a los que nos referimos pueden ser inicios, finales o porcentajes de realización de una actividad.

Por ejemplos, se consideran hitos:

- Comienzo del cerramiento de un edificio.
- Comienzo de la pintura de un edificio.
- Cubrición de aguas en un edificio.
- Terminación de la impermeabilización.
- Fin de movimiento de tierras.
- Comienzo del aglomerado.
- Suele ser un hito el final de la obra, puesto que suele haber un plazo final contractual.

Los hitos pueden estar impuestos según contrato o pueden ser de régimen interno. Sin embargo, todos los hitos tienen la misma consideración desde el punto de vista del programa, aunque en relación con el exterior el incumplimiento o no de los mismos tenga distintas consecuencias.

Los hitos pueden ser de dos clases:

- De prioridad: son los más frecuentes, por ejemplo:
 - El inicio de la actividad 100, debe ser antes del hito H1.
 - El final de la actividad 150, debe alcanzarse antes del hito H2.
- De posterioridad: son menos frecuentes, por ejemplo:
 - El inicio del movimiento de tierras debe ser posterior a la fecha del fin de expropiación (hito H3 = 7 junio de 2002).
 - El final de la prueba de la tubería no será anterior al 1 de enero de 2003(hito H4).

Por tanto, el hito queda definido por:

- El número de actividad a la que se refiere.
- Tipo de hito: inicio, final o porcentaje realizado.
- Fecha del cumplimiento del hito.
- Si es de prioridad o posterioridad.
- Si es contractual o interno.

4.3.8 Duraciones

Se considera el tiempo necesario para la realización de una tarea con los medios que se suponen que existirán en obra. Este es el aspecto más importante que se debe tener en cuenta a la hora de realizar una programación, ya que, si se ha dispuesto una red lógica y no se han obtenido las duraciones de manera adecuada, todo el trabajo realizado habrá sido un fracaso.

Según el método de planificación que se esté estudiando, siempre que estén basados en el Método del Camino Crítico, se estiman distintas duraciones. Por ejemplo, en el PERT probabilista hay que una duración n media entre tres duraciones diferentes: optimista, más probable y pesimista. Sin embargo, en los métodos ROY y CPM únicamente se trabaja con una duración.

El proceso de asignación de duraciones suele ser lento y trabajoso. El programador suele mostrar prevención y recelo. Si tiene una amplia experiencia en el tipo de obra que se está planificando, este proceso será más ágil. En obras de Edificación, la dispersión de rendimientos es frecuentemente menor dentro de unas determinadas coordenadas espacio-temporales, pero en obra Civil el asunto se complica debido a la enorme variedad de trabajos a realizar, distintas calidades de los terrenos, etc.

Según [41] las duraciones son de cinco clases:

- Calculadas
- Estimadas
- Obligadas
- Inventadas
- Anheladas

4.3.8.1 Duraciones calculadas

Son las que se obtienen de la fórmula:

$$\text{Duración} = \frac{\text{Medición}}{\text{Rendimiento}}$$

La fiabilidad de este cálculo depende de la exactitud de las mediciones y de la acertada previsión de rendimientos, ya que estos dependen de los recursos que se le aporten. Estas duraciones deben ser siempre un número entero redondeado por exceso, nunca por defecto.

El dividendo de la fórmula es más fácil de mejorar que el divisor. Se puede afinar la medición todo lo que se quiera, pero en el rendimiento existe una componente subjetiva difícil de eliminar y, en todo caso, dependiente de la experiencia del planificador. En ese sentido todas las duraciones son estimadas.

En principio, las duraciones del cálculo poseen la máxima credibilidad, cuando los datos que intervienen en la fórmula sean de la calidad suficiente. Por tanto, siempre que sea posible, deben utilizarse este tipo de duraciones y sólo recurrir a las duraciones estimadas en los casos en los que ese proceder sea el correcto.

4.3.8.2 Duraciones estimadas

Algunas duraciones son imposibles de calcular y por ello es necesario recurrir a la estimación de estos. Son frecuentes este tipo de duraciones en el programa del montaje de instalaciones. Por ejemplo, si se tratase de una criba, es evidente que no se puede pesar la criba y prever un rendimiento de tantos kg/día, en este caso la duración procede de la experiencia del Jefe de Montaje de este tipo de trabajos que conoce perfectamente esas duraciones.

4.3.8.3 Duraciones obligadas

Se considera cuando alguna actividad tiene una duración fija, sin tener relación con la medición, que no tienen posibilidad de estimación. Por ejemplo, los periodos de fraguado y endurecimiento. Si el tiempo que tiene que transcurrir desde que se termina el hormigonado de una losa hasta que se inician las tareas de desencofrado es

de 28 días de calendario, esto es así con independencia de mediciones. Es un plazo obligatorio para conseguir la calidad del hormigón.

4.3.8.4 Duraciones inventadas

Son las duraciones imposibles de determinar, pero hay que introducir algún valor en estos casos. Estas situaciones se dan con bastante frecuencia y siempre hay que utilizar las duraciones inventadas con mesura y buen criterio.

4.3.8.5 Duraciones anheladas

Las duraciones que se asignan a las actividades deben proceder de un cálculo correcto a partir de las mediciones determinadas y unos rendimientos contrastados, o bien de una estimación honrada. Existen algunos casos en los que se puede detectar que, con las duraciones previsibles, el plazo que se obtendrá como consecuencia del cálculo de la red va a exceder, seguramente en mucho, del valor deseado. En esas circunstancias existe una tendencia a ver las cosas con ojos benévolos e inclinarse a pensar que todo va a discurrir a la perfección, y que no va a existir inconvenientes que pueda generar retrasos en el transcurso de los trabajos. Se prevé que la actividad va a durar lo que gustaría que durarse. En estos casos se dice que la duración es anhelada.

Estos valores de duración, válidos para ser incorporados a un diagrama de barras, no sirven para cuando se está trabajando con técnicas CPM/PERT. En efecto, si todo el trabajo que se realiza tiene como objeto el obtener como el resultado el valor cierto del plazo de ejecución del Proyecto, no tiene demasiado sentido que se utilicen datos erróneos, para obtener de esa manera resultados que darán buenos resultados.

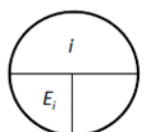
Por estos motivos, es necesario abordar las planificaciones con rigor mental, con honradez profesional y con sentido moral.

4.3.9 Tiempos

El concepto de tiempo en los métodos basados en el Camino Crítico es primordial, ya que todos los parámetros que se manejan en el cálculo se mueven alrededor de los tiempos. Hablar de duraciones, holguras, de momento más temprano y más tardío, lleva implícito el concepto de tiempo.

- **El momento más temprano (Ei):**

Es el instante más temprano en el que se puede iniciar la actividad i cuando se han finalizado todas las predecesoras. Para el nodo inicial del grafo este valor sería cero y para cada nodo i , se tienen en cuenta la E_j de cada nodo precedente más la duración de la actividad del arco (j,i) . En la **Figura 26** se muestra lo explicado.



$$E_i = \begin{cases} 0, & \text{si } i = 1 \\ \max\{E_j + d_{j,i}\}, & \forall j \text{ precede } i \end{cases}$$

Figura 26. El momento más temprano. Fuente: Planificación y Gestión de Obras.

- **El momento más tardío (Li):**

Es el instante más tardío en el que se puede realizar la actividad i sin producir retrasos en el resto de las actividades. Para el nodo final el valor es E_i del nodo final y para cada nodo i , se tiene en cuenta la L_j de cada nodo j sucesor menos la duración de la actividad del arco (j,i) . En la **Figura 27** se puede observar lo explicado.

$$\begin{array}{c} \text{---} i \text{---} \\ | \\ L_i \end{array} \quad L_i = \begin{cases} E_f, & \text{si } i = f \\ \min\{L_j - d_{j,i}\}, & \forall j \text{ posterior } i \end{cases}$$

Figura 27. El momento más tardío. Fuente: *Planificación y Gestión de Obras.*

A continuación, se expone un ejemplo aplicado a un grafo del tipo AEA para que se puedan entender mejor los conceptos sobre los tiempos explicados. Se trata de las actividades que se deben realizar para un puesto de helados.

Actividad	Descripción	A. Antecesoras	Duración (semana)
A	Preparar papeles	-	2
B	Hablar con alcalde	-	1
C	Estudiar las necesidades	-	4
D	Solicitar licencia	B, A	2
E	Localizar y Comprar	C	3
F	Instalar Caseta	D, E	1
G	Poner Nevera	F	1
H	Encargar Publicidad	E	1
I	Buscar proveedores helados	C	3

Tabla 2. Datos de partida del ejemplo. Fuente: *Planificación y Gestión de Obras.*

Una vez tomado los datos de partida hay que hacer la composición del grafo y el cálculo de las duraciones, en donde se aplican los conceptos de relaciones de precedencia, momento más temprano y más tardío, actividad ficticia, etc.

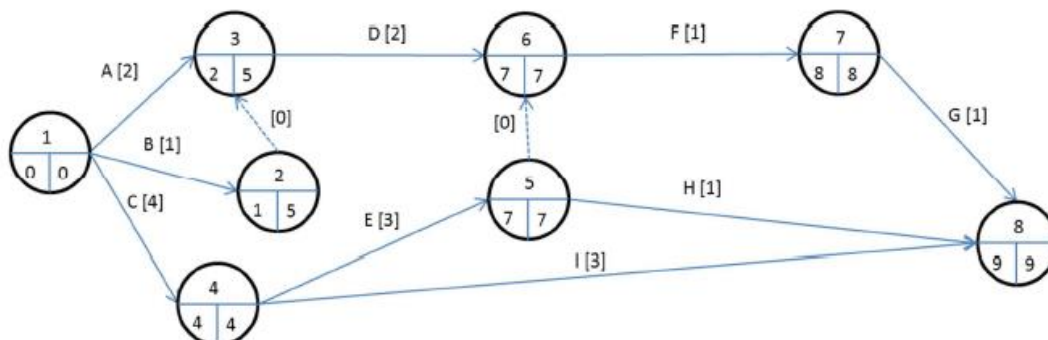


Figura 28. Resultado final del ejemplo. Fuente: *Planificación y Gestión de Obras.*

4.3.10 Holguras

Los márgenes son unas de las variables asociadas más importantes del cálculo de una red de grafos basadas en el Camino Crítico, ya que dotan de flexibilidad a los plazos de ejecución de una obra.

En términos generales, las holguras se definen como la diferencia que existe entre el tiempo disponible para realizar una actividad y la duración de la misma. Según

- **Holgura total:** mide el tiempo que puede retrasarse una actividad sin que se produzca un aumento en la duración total del proyecto.

$$H_{ij} = L_j - E_i - d_{ij}$$

- **Holgura libre:** margen de tiempo que puede retrasarse una actividad sin que produzca un retraso en las actividades sucesoras.

$$h_{ij} = E_j - E_i - d_{ij}$$

4.3.11 Camino Crítico

Un camino es una sucesión de actividades ligadas por sucesos o por relaciones de precedencia, siguiendo el orden de orientación de las flechas de los arcos.

Una red de grafos es un conjunto de caminos ligados entre sí, en el que todos los nodos tienen flechas que entran y que salen, exceptuando el nodo inicial, del que sólo salen flechas, y el suceso final, al que solamente le llegan. La mayor o menor longitud de la flecha no significa nada, simplemente indica el flujo de tiempo que va a tener una actividad dependiendo de la dirección que lleven.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede resaltar que una red de grafos se puede determinar varias alternativas de **caminos parciales** que van desde el inicio hasta el final del proyecto con una duración de proyecto mayor o menor.

Se dice que una actividad es crítica cuando la holgura total es cero. Por tanto, el **Camino Crítico** es el que va a estar formado por cada una de las actividades críticas del grafo. El camino crítico es el que marca la duración final de la obra y, como consecuencia, si se retrasa alguna o algunas de las actividades del camino crítico, la duración del mismo aumentará y el final de obra se retrasará inevitablemente.

A continuación, en la **Figura 29** se muestra el Camino Crítico del ejemplo del puesto de helados que se había introducido en apartados anteriores.

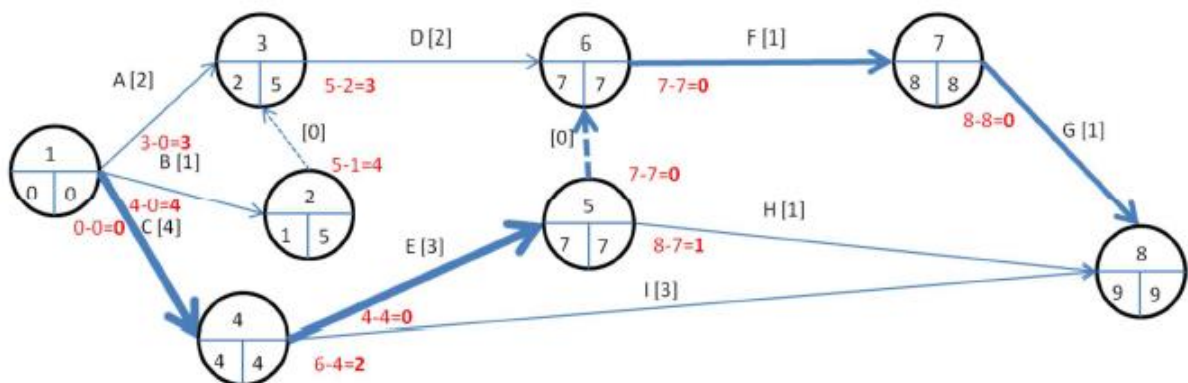


Figura 29. Cálculo del Camino Crítico del ejemplo. Fuente: *Planificación y Gestión de Obras*.

4.3.12 Recursos

Según [43], los recursos son aquellos instrumentos (equipamiento, mano de obra, dinero, materiales) cuya presencia es necesaria, junto con el tiempo, para la realización de las actividades que componen una obra.

Los responsables de la ejecución de las obras suelen trabajar en situaciones en las que los recursos imponen restricciones en la planificación. Un ejemplo de ello es cuando el cronograma de la obra muestra dos actividades que se deben realizar al mismo tiempo, pero no están disponibles los recursos necesarios para ellos. Este tipo de situaciones son muy comunes y llevan a la conclusión de que planificar las actividades teniendo en cuenta exclusivamente el factor de tiempo no resuelve todos los problemas.

Teniendo en cuenta esta situación se llega a la conclusión que planificar las actividades sin tener en cuenta únicamente el factor tiempo no resuelve todos los problemas.

Con la introducción de los recursos en una red de grafos se puede generar un histograma que muestre la cantidad necesaria de cada recurso en cada momento de la obra y evaluar si es posible satisfacer esta demanda debido a que muchas veces la situación de las actividades en el cronograma provoca una gran concentración de recursos en un período determinado, que va disminuyendo después rápidamente.

Estas oscilaciones pueden minimizarse mediante la nivelación de recursos, una operación que permite desplazar algunas actividades dentro de los límites de sus holguras y, reducir así el pico máximo de recursos sin cambiar el plazo de la obra.

Un recurso puede aparecer en una o más actividades y la asignación de recursos a esta puede ser a la vez cualitativa (albañil, camión, hormigón) y cuantitativo (3 albañiles, 2 camiones, 150 m3 de hormigón)

Como ya se ha comentado anteriormente, la duración de una actividad está relacionada con los recursos asignados, siendo los medios que permiten reducir los plazos de ejecución.

$$Duración = \frac{Cantidad}{Productividad \times n^{\circ} Recursos \times Jornada}$$

Por ejemplo, si una actividad requiere 160 horas de trabajador para su ejecución, se puede realizar las siguientes combinaciones suponiendo una jornada laboral de 8 horas.

Nº de Operarios	Duración en días
1	20
2	10
3	6,7
4	5
5	4

Tabla 3. Duración de una actividad según el nº de recursos. Fuente: Elaboración propia.

La proporcionalidad que se puede observar en la **Tabla 3** no es totalmente real, ya que existen muchos factores que pueden condicionar a la colocación de esos recursos en un espacio concreto, como seguridad, logística, supervisión, etc.

4.4 Métodos de Programación

En este apartado se plasman algunos de los métodos de programación que existen para poder llevar a cabo un proyecto de construcción de una forma ordenada.

- Diagramas de Gantt.
- Diagramas Espacios-Tiempo
- Método del CPM (Critical Path Method)
- Método PERT probabilístico (Program Evaluation and Review Technique)
- Método de ROY
- Método del Valor Ganado (EVA)

4.4.1 Análisis del Método de GANTT

El método de GANTT o Diagrama de Barras fue desarrollado por el ingeniero americano H.L.Gantt para organizar los transportes de los americanos hacia Europa durante la Primera Guerra Mundial. Él era conocedor de la duración de cada una de las actividades: tiempos de ida y vuelta de navegación, tiempos de carga y descarga de la mercancía, etc. Sin embargo, buscaba un sistema en el que se podía mostrar de un modo práctico toda esta información.

El concepto básico del diagrama es la representación de un gráfico de barras muy útil, atractivo y fácil de leer, que consta de un eje horizontal en el que se muestran las fechas en días, semanas o meses, y un eje vertical en el que aparece el listado de actividades, con la duración de cada una, que componen la obra.

El diagrama de barras funciona como un modelo de planificación y control al mismo tiempo. La longitud de la barra tiene dos significados diferentes, uno es la duración estimada de la actividad y otra el progreso de la actividad. Por ejemplo, en la **Figura 30** se puede observar que la parte sombreada de las barras representan el progreso de las actividades del proyecto hasta mediados del mes de mayo.

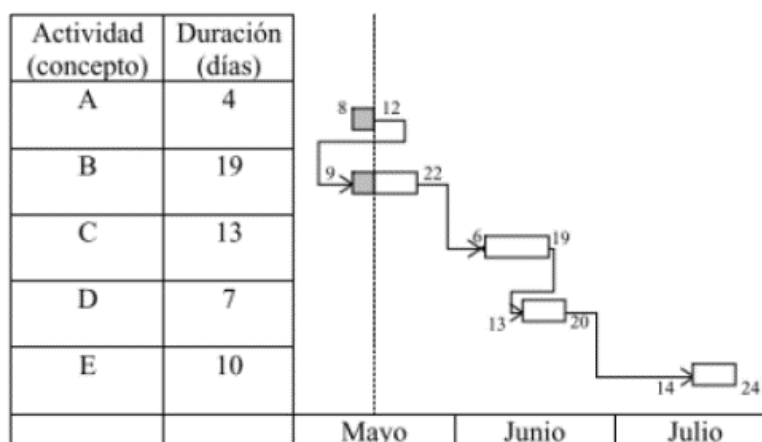


Figura 30. El tradicional diagrama de barras. Fuente: Métodos y técnicas de planificación y control de proyectos

La relación entre las actividades está representada mediante flechas que unen las actividades de una forma o de otra según si la relación de dependencia es de inicio-inicio, inicio-fin, fin-inicio o fin-fin.

El concepto del diagrama de barras ha cambiado. En un principio, el diagrama de barras según [41]:

“El Diagrama de Barras es un tosco instrumento de representación en forma de un listado de buenos propósitos en el que aparecen cuidadosamente relacionadas las cosas que es necesario hacer”.

Este tipo de gráfico supuso un gran avance en relación de los procedimientos de trabajo utilizados hasta la fecha. Sin embargo, si lo comparamos con métodos posteriores, como los métodos basados en el Camino Crítico, este método se encuentra muy desfasado, aunque siguen conviviendo con estos últimos.

Actualmente, en los diagramas de barras generados por los sistemas digitales, MS Project o Primavera P6, se presenta una información más completa que los diagramas tradicionales. En el cuadro de la **Figura 31** se recogen algunas de las características que aportan los nuevos programas.

Se representan las actividades mediante una estructura de desglose de trabajo en la que se van descomponiendo las actividades en partes cada vez más pequeñas con el fin de hacer una planificación más detallada.

Con los programas informáticos de planificación existe la posibilidad de incluir las holguras entre las fechas de las actividades.

Información	Representación
EDT	Mediante adentrados o códigos decimales
Secuenciación	Flechas entre barras
Tipos de enlace	Por el grafismo y la disposición de las flechas
Fechas	Barras de colores y marcas
Holguras	Añadidas a las barras de las fechas
Actividades críticas	En otro color o regruesadas
Avance	Barras de fechas reales

Figura 31. Características aportadas por los nuevos programas. Fuente: Métodos de Planificación y Control de Obras: del Diagrama de Barras al BIM.

4.4.2 Análisis del Diagrama Espacio-Tiempo

Cuando se quiere programar una obra lineal (carreteras, puentes, canales, ferrocarriles...) o alguna obra de edificación que tenga trabajos muy repetitivos (las viviendas en hilera o edificios de gran altura) el diagrama de Gantt no resulta tan eficiente como en otro tipo de obras, recurriéndose a los diagramas de Espacio-Tiempo, también conocidos como “líneas de equilibrio”, como solución más aprovechable. De hecho, podría considerarse como una adaptación del diagrama de barras para este tipo de obras.

Como ocurre en el diagrama de Gantt, en uno de los ejes se sitúa el calendario con las fechas y en cambio, en el otro eje, en lugar de aparecer las actividades, existe una representación longitudinal de la obra en donde cada punto está representado por su P.K. de la obra correspondiente.

En las obras de edificación se suele representar el espacio(altura) en el eje vertical y el tiempo en el eje horizontal. En cambio, para las obras lineales es más común fijar el eje vertical para la variable tiempo y el eje horizontal para la variable espacio (P.K.).

Una vez definido los ejes de referencia (P.K.-calendario), se sitúan las barras inclinadas indicando en cada barra el nombre de la actividad que representa. Por tanto, se consigue así que la barra represente el comienzo y el final de la actividad correspondiente, y, además, la sección de la traza correspondiente que le corresponde en cada momento, dando una sensación de completa visualización de la obra.

El inconveniente de este programa, al igual que ocurría en el diagrama de barras, es que no se consigue ninguna relación de las actividades entre sí, y, sobre todo, las actividades no tienen holguras.

Sin embargo, con este programa si se consigue una buena representación gráfica de la obra, mostrando, además, la superposición de tareas en un mismo tramo en el caso que existieran, aunque la gran densidad de líneas hace que el seguimiento del programa sea prácticamente imposible.

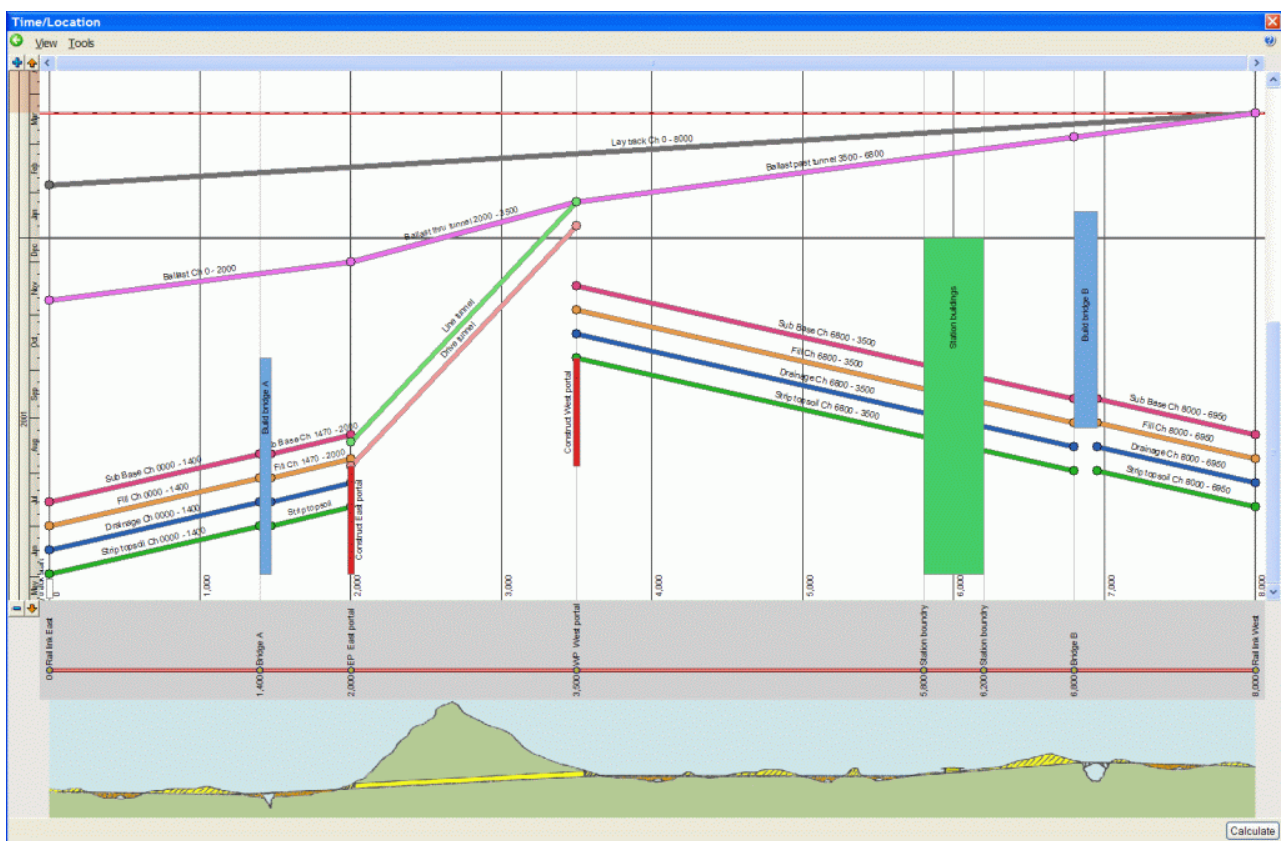


Figura 32. Diagrama Espacio-Tiempo de Obra Lineal. Fuente: blog Todo Ingeniería Civil

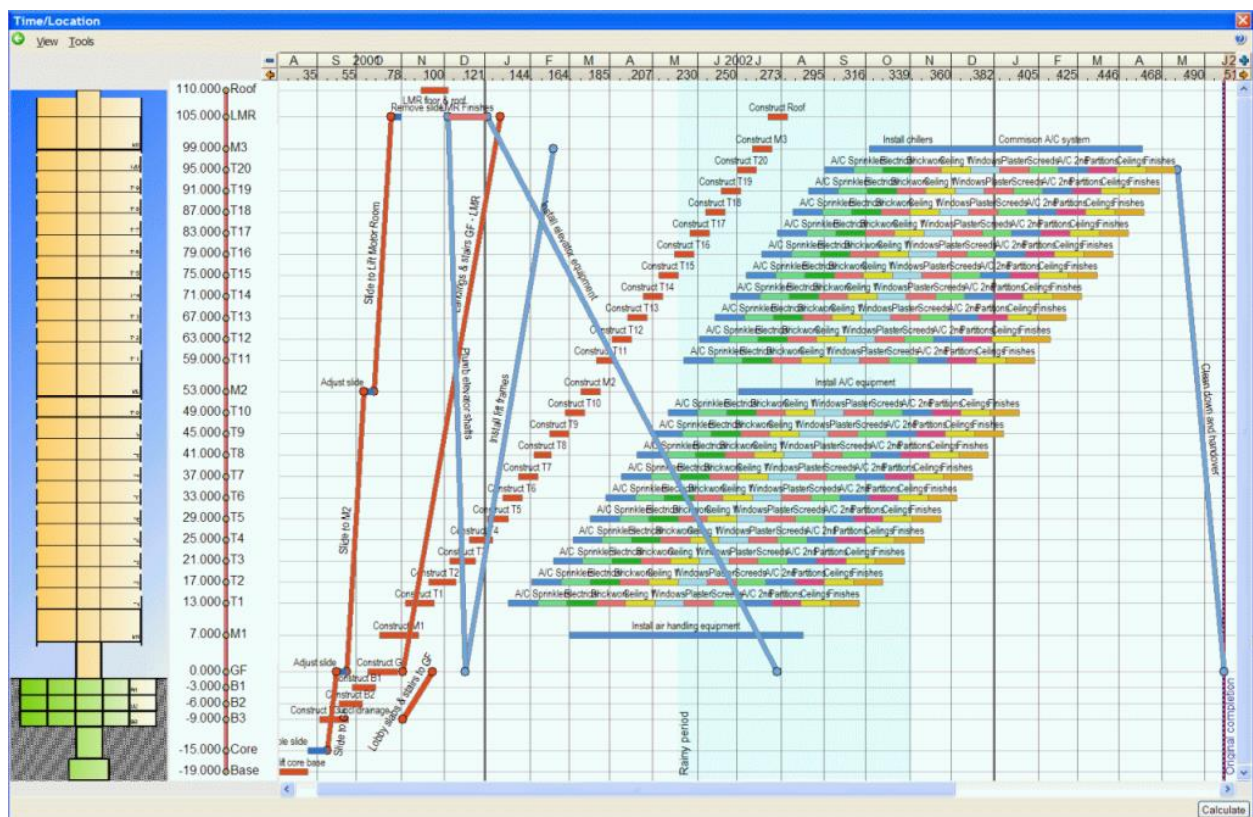


Figura 33. Diagrama Espacio-Tiempo de Obra de Edificación. Fuente: blog Todo Ingeniería Civil

4.4.3 Análisis del Método CPM (Camino Crítico)

En la década de los 50 del siglo pasado, algunas personas fueron conscientes que el diagrama de barras no era el sistema más eficaz para la planificación de las obras y se decidió investigar algún método alternativo para poder conseguir unos resultados óptimos.

Al hablar del CPM hay que referirse a Morgan Walker, de la División de Ingeniería de Dupont de Nemours (considerada una de las mayores empresas químicas del mundo), y James Kelly que trabajaba en Remington Rand UNIVAC. A finales de 1956, ambos formaron un equipo que tenía como objetivo mejorar el complejo problema de la programación y planeamiento del diseño y construcción de plantas químicas.

Este equipo presentó su concepto de planeamiento de redes y relaciones entre tareas, que estableció la teoría matemática inicial en la que se basa el análisis del camino crítico.

Estos sistemas de redes requerían una capacidad de cálculo que iba más allá de las que se utilizaban en los métodos usuales tradicionales, así que se adaptó esta técnica a la computadora digital.

Se invirtió casi todo el año de 1957 en el desarrollo de la teoría, su programación para el ordenador UNIVAC 1 y su prueba en un proyecto piloto. La prueba consistió usar la nueva técnica en la programación y seguimiento de una obra de 10 millones dólares de aquella época, a su vez se simultanearon, en secreto, los trabajos usando la metodología tradicional para hacer una comparativa y obtener un juicio del sistema, llegándose a unos resultados muy positivos.

Posteriormente, gracias a sus éxitos, Kelly y Walker se asociaron para formar la compañía “la Manchly Associated”, con la que han logrado grandes éxitos con la aplicación del Método del Camino Crítico en proyectos muy complejos[41][40].

Este método está basado en las técnicas del análisis del método de la ruta crítica intentando buscar el camino compuesto por las actividades que podrían hacer que se retrasase la obra.

El método consiste en elaborar un diagrama de flechas (grafo) que representa una red lógica en la que se muestran todas las actividades que van a componer la obra y como están organizadas para llegar a la ejecución final de la misma.

Los grafos de este método están formados por unos nudos llamados sucesos, los cuales son instantes de referencia que indican una situación determinada de la obra marcando el inicio y el final de una actividad y, por tanto, no consumen ni tiempo ni recursos. Estos grafos también están compuestos por unas flechas o arcos que representan las actividades que unen estos sucesos.

Como norma general del método se considera que a cada suceso debe llegar, al menos, una actividad y debe salir de él, al menos, una actividad. Las dos excepciones serían el suceso de inicio, que no llega ningún arco y el suceso final, del que no sale ningún arco.

Antes de elaborar la red hay que pensar la secuencia general que va a llevar la obra. Una vez establecida la secuencia, se divide la obra en actividades o tareas para poder llevar a cabo esa secuencia. Y finalmente, se estima una duración para cada actividad. En este método la duración se estima de una forma determinista, basándose en la experiencia en actividades similares del personal de campo, además de los cálculos obtenidos por el equipo de estimaciones y costes.

Las actividades consumen tiempo, a excepción de la de inicio y del final, y no tiene por qué consumir recursos. Por ejemplo, el fraguado del hormigón no consume recursos, pero sí tiempo.

Las ventajas más destacadas del método CPM son las siguientes[31]:

- Permite predecir el plazo máximo de finalización de la obra.
- Permite distinguir entre las distintas actividades, observándose cuales son las actividades prioritarias para la ejecución del plan de obra y evitar retrasos.
- La compresión gráfica del conjunto del proyecto es muy clara, convirtiéndose en un planeamiento muy visual.

4.4.4 Análisis del Método PERT Probabilístico

El origen de los trabajos de la técnica PERT tuvo lugar a principios de 1957 en la Oficina de Proyectos Especiales de la Armada de los EEUU con el objetivo de obtener una planificación integrada y un sistema de control fiable para el programa de misiles balísticos Polaris, ya que se estaban produciendo frecuentes retrasos respecto a las fechas previstas y a la imperfección de los procedimientos utilizados para prever retrasos futuros.

A principios de 1958, el equipo dio a conocer un sistema al que denominó Program Evaluation and Review Technique (PERT), convirtiéndose en los años posteriores en las siglas más difundidas en este campo.

Este método es muy ventajoso en comparación con el diagrama de barras y el CPM cuando se está ante una obra donde el cumplimiento de los objetivos de la misma es incierto. Realmente este método tiene muchas similitudes con el método CPM con la principal diferencia de que la duración de cada actividad es calculada de manera probabilística en lugar de la forma determinista del método CPM.

Los grafos, las relaciones entre actividades, las actividades ficticias y el método empleado para el cálculo de la Ruta Crítica son análogos en el CPM y PERT, con la diferencia de que el PERT está orientado fundamentalmente hacia los sucesos. Las etapas están, por consiguiente, claramente definidas, pero las actividades que ligan estas etapas tienen menos importancia. Aunque suele ser fácil identificar las actividades, esto no es cierto a veces y, desde luego, no es necesario. En cambio, el CPM define claramente las actividades, mientras que los sucesos son meros hitos de unión entre ellas, a veces sin identidad clara.

El PERT funciona con tiempos probabilísticos y que se construyen a partir de tres estimaciones de duración. Esto complica los cálculos, pero permite determinar la probabilidad de cumplir con los plazos parciales preestablecidos con el plazo general de la obra. El CPM trabaja con una duración estimada para cada actividad. Esto facilita las operaciones, pero no permite calcular las probabilidades de cumplimiento.

El PERT se suele utilizar casi exclusivamente en programas de Investigación, en los que las duraciones de las operaciones no se conocen con exactitud. Por consiguiente, el CPM se usa más en la programación de la Construcción, ya que las duraciones, teóricamente, se conocen mejor.

En la **Tabla 4** se recoge un resumen de las principales características por las que se diferencian el PERT y CPM.

	PERT	CPM
Duraciones	Tres por actividad	Una para cada actividad
Probabilidad de cumplimiento	Se obtiene	No se obtiene
Utilización	En programas de investigación	Construcción
Enfoque de la red	Hacia el suceso	Hacia la actividad

Tabla 4. Resumen comparativo entre PERT y CPM. Fuente: La Programación en la Construcción: el PERT en versión completa.

Si en la obra se dispusiera de toda la información estadística de las duraciones reales de las actividades de otras obras, y como consecuencia, sus curvas de distribución de frecuencias, se podrían utilizar estas distribuciones para conseguir obtener estos datos para la obra que se esté abordando. Sin embargo, la realidad no es así y se tienen que obtener los datos aplicando cálculos estadísticos para tres posibles tiempos de cada actividad[40].

- **Duración optimista (do):** tiempo mínimo necesario para realizar una actividad, considerando todas las condiciones ideales que podrían darse.
- **Duración pesimista (dp):** tiempo máximo necesario para realizar la actividad, considerando todas las condiciones más desfavorables que pueden darse.
- **Duración media (dm):** el tiempo que se estima justamente necesario para realizar la actividad, teniendo en cuenta todas las condiciones normales de trabajo. En la determinación de este tiempo juega un papel importante la experiencia, a falta de alguna otra información. Representa la moda de la distribución.

Para calcular el tiempo medio esperado se utiliza la siguiente fórmula[42]:

$$t_e = \frac{d_o + 4d_m + d_p}{6}$$

El cálculo de los momentos más tempranos y más tardíos se realiza de la misma forma que en el método CPM.

El método PERT, nos permite calcular con que probabilidad se terminará la obra en el tiempo que se ha estimado por el cliente. En otras palabras, si el cliente había estimado que la obra se iba a realizar en seis meses, el contratista puede calcular la probabilidad de que la obra esté terminada en esos seis meses.

Este dato puede ser obtenido con la ayuda de la varianza total, que no es nada más que la suma de todas las varianzas de cada actividad, la cual viene expresada por la siguiente fórmula.

$$S = \left(\frac{d_p - d_o}{6} \right)^2$$

Además, habría que calcular la desviación estándar de la obra, que es la raíz cuadrada de la varianza total.

Finalmente, se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{\text{duración estimada} - \text{duración calculada}}{\text{desviación estándar}}$$

Donde Z representa un valor numérico que indica, con la ayuda de las tablas de la distribución normal, la probabilidad de que la se termine en la duración estimada.

A continuación, se expone un ejemplo que explica claramente la formulación explicada en este apartado[42].

El ejemplo consiste en calcular la probabilidad de que el proyecto acabe entre un plazo de 17 y 20 días. Los datos de inicio son los siguientes:

Actividad	Predecesores	Duraciones probables (d_o , d_m , d_p)
1	-----	1,4,5
2	-----	2,3,4
3	1	6,10,13
4	1	6,6,7
5	2	2,2,2
6	3	1,2,3
7	4,5	5,8,9
8	2	12,16,19

Tabla 5. Datos de partida. Fuente: Programación, Planeación y Control de Obras.

El siguiente paso es calcular la media y la varianza:

Actividad	D_{opt}	D_{media}	D_{pes}	Media	Varianza
1	1	4	5	3.7	0.4
2	2	3	4	3.0	0.1
3	6	10	13	9.8	1.4
4	6	6	7	6.2	0.0
5	2	2	2	2.0	0.0
6	1	2	3	2.0	0.1
7	5	8	9	7.7	0.4
8	12	16	19	15.8	1.4

Tabla 6. Media y Varianza. Fuente: Programación, Planeación y Control de Obras.

Una vez obtenidos los datos se puede obtener la red y quedaría de la siguiente forma:

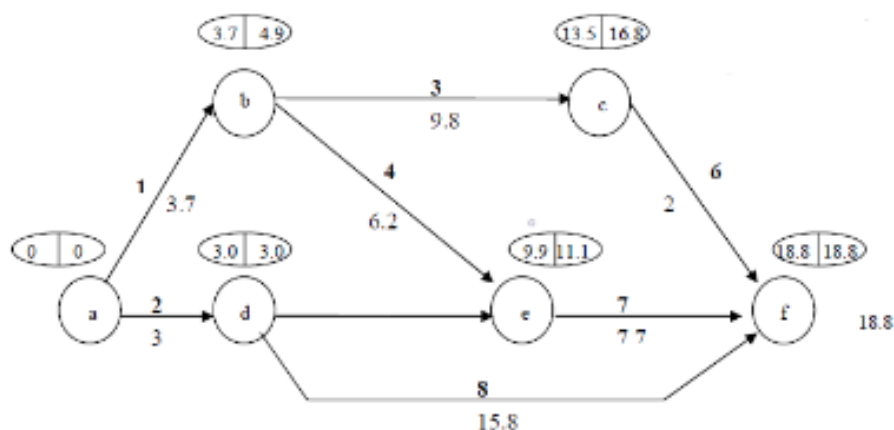


Figura 34. Red PERT. Fuente: Programación, Planeación y Control de Obras.

En la **Figura 34**, los números de la izquierda y la derecha representan el momento más temprano y más tardío respectivamente.

Se puede observar que en las actividades 2 y 8 coinciden el E_j y el L_j , por tanto, su holgura sería nula y marcan el camino crítico.

La desviación estándar es la raíz de 1.5, dando un valor aproximado de 1.2247. Por tanto, el valor de Z para el tiempo estimado de 20 días es igual a aproximadamente 0.98, que yendo a la tabla de distribución normal estándar se obtiene una probabilidad del 83.7 %.

Para el tiempo de 17 días se repetiría el proceso y se obtendría un valor de 7.1 %. Por tanto, la probabilidad de completar el proyecto entre 17 y 20 días es $83.7\% - 7.1\% = 76.6\%$.

4.4.5 Análisis del Método de ROY (O de los Potenciales)

Según Jesús Mateos Perera[41], Bernard Roy empezó trabajar en Francia en el Método de los Potenciales en 1958, apoyándose en su libro llamado Álgebra moderna y teoría de los grafos. En 1960 ya había perfeccionado un sistema de trabajo.

Este método sigue la misma filosofía de apoyo en grafos o redes lógicas, pero con algunos cambios respecto al CPM y PERT. De hecho, este método ha hecho que el método del CPM desaparezca prácticamente en toda Europa. El proyecto o la obra se descomponen en una serie de actividades o tareas las cuales están relacionadas por un cierto número de precedencias o restricciones.

En el método de ROY los nudos representan las actividades, que se designan por un número cualquiera y los arcos o flechas representan las relaciones de dependencia entre esas tareas y el tiempo mínimo que transcurre entre los dos comienzos de las tareas. Por tanto, el concepto de suceso que existía en los dos métodos anteriores desaparece y se centra en las actividades o tareas de los nudos de la red.

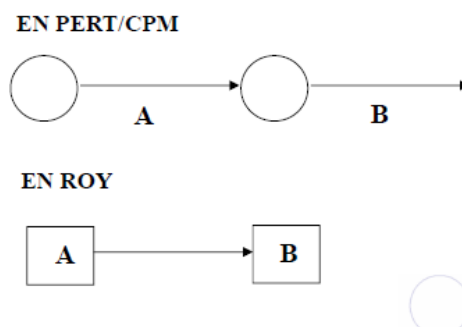


Figura 35. Grafo del ROY vs PERT/CPM. Fuente: Planificación y Gestión de Obras

Cuando hay que hacer modificaciones en el programa, bien porque haya que introducir tareas no previstas inicialmente, o bien porque se modifique su orden de ejecución, las alteraciones necesarias de los diagramas son más sencillas en el método de ROY que en el CPM. Si se utiliza el CPM hay que introducir en general, nuevos nudos y actividades ficticias. Empleando el método de los potenciales basta agregar las nuevas restricciones en la red y ésta queda modificada sin que sea preciso cambiar nada más en el diagrama precedente.

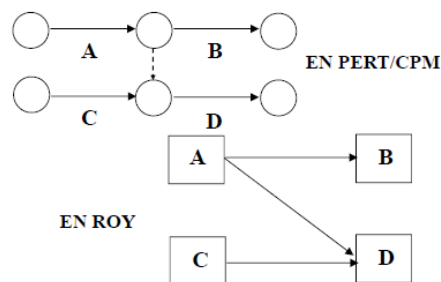


Figura 36. Actividad ficticia vs no actividad ficticia. Fuente: Planificación y Gestión de Obras

La principal ventaja del método de ROY sobre el CPM/PERT es la mayor flexibilidad en el sistema de restricciones. En el ROY se pueden establecer varias relaciones y restricciones entre las actividades, en lugar de incluir la relación final-principio. En otras palabras, en los métodos anteriores se terminaba una tarea y consecuentemente ocurría el acontecimiento del suceso y se podía iniciar las actividades consecuentes de él.

Las relaciones entre actividades que se incluyen en el ROY son las siguientes:

- **Principio-Principio:** para que dé comienzo una actividad es suficiente que haya comenzado otra un determinado periodo de tiempo antes (desfase).
- **Final-Principio:** para que comience una actividad debe haber terminado otra determinada, pudiendo existir también entre ellas un cierto desfase

- **Final-Final:** las actividades afectadas por esta relación han de terminar con un determinado desfase entre ellas.

Las restricciones es uno de los conceptos exclusivos del método de ROY que se pueden incluir en los programas de planificación, aunque no se va a profundizar demasiado, ya que son conocimientos que se escapan del objetivo de estas páginas. Se pueden clasificar en tres tipos principales, los cuales se pueden subdividir en varios:

- **Condicionamientos de tipo potencial:** Se pueden dividir en:
 - **Condicionamientos de localización temporal:** que obligan a que una tarea esté localizada en el tiempo, de modo que, o no pueda empezar antes o después de cierto instante, o bien tenga que estar acabada antes o después de determinada fecha.
 - **Condicionamientos de sucesión:** que son los que limitan el intervalo de tiempo que ha de transcurrir entre los comienzos de dos tareas cualesquiera.
- **Condicionamientos de tipo disyuntivo:** cuando se quieran expresar que los intervalos de tiempo, durante los cuales se realizan dos actividades distintas, no puedan tener ninguna parte común. Por ejemplo, cuando las dos actividades precisan de una misma máquina que no pueda realizar dos actividades a la misma vez.
- **Condicionamientos de tipo acumulativo:** que son las que están delimitadas por los recursos disponibles.

La forma de trabajar de los métodos anteriores permite realizar un estudio esquemático de un proyecto básico y con bastante información previa. En cambio, es necesario trabajar con el ROY para abordar un estudio detallado.

En la **Tabla 7** se encuentra un resumen de las principales mejoras que introduce el método ROY respecto al CPM.

	CPM	ROY
Actividades ficticias	Son necesarias	No son necesarias
Fraccionamiento de las tareas	No es posible	Sí es posible
Tipos de precedencia	Solamente uno	Varias decenas
Desarrollo de la red	Trabajoso	Sencillo

Tabla 7. Mejoras del ROY. Fuente: La Programación en la Construcción: El PERT en versión completa.

El método de ROY tiene un tiempo de vida considerablemente corto, ya que es solamente es posible llevarlo a cabo con la ayuda de los ordenadores.

Este método permite iniciar una actividad sin que haya terminado, e incluso comenzado, su precedente. Una actividad siempre debe tener un inicio y un final, aunque se trate del inicio y del final de la obra respectivamente. Por tanto, establecer una sola ligadura, ya sea de inicio de final, es una decisión muy arriesgada porque se deja siempre un extremo libre. Consecuentemente, hay que dejar claro que una actividad siempre debe tener un principio y un fin, ya que, si no, no se ajustaría el modelo a la realidad.

Este método se acerca más al modelo de una construcción, pero su aplicación resulta muy engorrosa, y por tanto no es recomendable el uso de este método de planificación.

4.4.6 Análisis del Método EVA (Análisis del Valor Ganado)

El Análisis de Valor Ganado (AVG) o **Earned Value Analysis (EVA)** es una técnica que ofrece una información precisa a partir de la integración de datos reales de tiempo y coste, y además es muy útil para

evaluar el estado del proyecto y una forma eficaz de comunicar a los interesados del proyecto del estado del presupuesto y gestión del tiempo.

Este método está siendo implantado de forma obligatoria en proyectos promovidos por el Gobierno de los Estados Unidos y es utilizado en otros países cercanos gracias a la influencia de este último. Estos proyectos están relacionados con el diseño, la ejecución y gestión de plantas industriales. Sin embargo, fuera del ámbito industrial, es poco conocido y, menos aún, utilizado en el sector de la obra civil y de edificación en España.[44].

Introduciendo un análisis con el método EVA se puede comparar los costes planificados en relación con el valor de la obra ejecutada para comprobar si el comportamiento está de acuerdo con lo previsto en el cronograma.

La comparación implica tres variables, que se miden con unidades monetarias[26]:

- **Valor presupuestado (PV)**
- **Valor ganado (EV)**
- **Coste real (AC)**

El valor ganado es la variable crucial para el análisis, es por eso por lo que recibe este nombre.

4.4.6.1 Variables Principales

Valor presupuestado (PV)

El **valor presupuestado** o Planned Value se define como el importe que debería haberse gastado en el período que se está estudiando, coincide con el coste presupuestado del trabajo planificado hasta el momento de estudio. El PV no coincide necesariamente con lo que se ha ejecutado físicamente.

Para conocer mejor esta variable se expone un ejemplo de aplicación.

El ejemplo consiste en la construcción de un tramo de carretera de 5 km, para su simplificación se supone que la planificación es lineal. Está previsto que se construya 1 km de carretera por mes con un coste estimado de 100.000 euros por km.

Después de 3 meses de trabajo, se hace un análisis del proyecto: se han construido 2 km de carretera y se estima un coste de 260.000 euros.

Si se compara únicamente la variable económica se podría concluir que el proyecto va bien porque en 3 meses estaba estimado un gasto de 300.000 euros y se ha realizado un gasto de 260.00 euros. Sin embargo, esta afirmación no sería del todo correcta porque habría que tener en cuenta que cantidad de carretera se ha ejecutado con ese dinero. Sólo así se puede **evaluar correctamente el rendimiento del proyecto**.

Valor ganado (EV)

El **valor ganado** o Earned Value se define como el coste presupuestado del trabajo realizado, es decir, representa cuánto debería haber costado lo ejecutado. Este coste no coincide necesariamente con el coste real, si coincidiera, no existirían problemas y el trabajo se está ejecutando según el plazo previsto.

Teniendo en cuenta el mismo ejemplo, el EV sería el coste presupuestado de 2km, que es lo construido en el periodo de estudio, es decir, 200.000 euros.

Coste real (AC)

Coste real o Actual Cost (AC): se define como el coste realmente abonado por el trabajo realizado, y no tiene por qué coincidir con el valor de la planificación previa de la obra.

En el ejemplo enunciado, el coste real es el coste de los 2 km construidos: 260.000 euros.

En la **Tabla 8** se ha introducido un resumen de las tres variables.

Variable	Código	Significado
Valor planificado	PV	Cuánto debería haberse ejecutado, de acuerdo con el cronograma
Valor ganado	EV	Cuánto debería haber costado lo que se ha ejecutado
Coste real	AC	Cuánto ha costado lo que se ha ejecutado

Tabla 8. Variables principales del Método EVA. Fuente: Métodos de Planificación y Control de Obras: del diagrama de barras al BIM

4.4.6.2 Indicadores

Existen una serie de indicadores que tiene como objetivo informar de cómo va la obra en todo momento teniendo en cuenta las variables anteriores.

Variación de coste CV

Es la diferencia entre el valor ganado y coste real:

$$CV = EV - AC$$

Por tanto, la variación en el coste representa el dinero que hemos gastado en el proyecto hasta el momento.

- Si la diferencia en el coste es **positiva** quiere decir que el proyecto estás por debajo del presupuesto porque se ha gastado menos de los esperado para realizarlo.
- Si la diferencia es **nula**, el proyecto está dentro del presupuesto porque se ha gastado lo esperado.
- Si la diferencia es **negativa** quiere decir que hasta el momento se ha gastado más de lo que se debería.

En el ejemplo enunciado en el apartado de las variables principales, $CV = 200.000 - 260.000 = -60.000$ euros. Por tanto, se ha gastado 60.000 euros más de lo que se debería para completar los 2km realizados.

Variación del cronograma SV

Es la diferencia entre el valor ganado y valor planificado:

$$SV = EV - PV$$

Es decir, es la diferencia entre el importe del trabajo producido hasta la fecha y el importe del trabajo planificado hasta el momento.

Aunque es una variación de plazo, no se da en unidades de tiempo, sino en unidades monetarias.

- Si el **SV** es **negativo** quiere decir que el valor ganado ha sido menor que el coste planificado o, en otras palabras, que se debería haber gastado menos dinero del inicialmente presupuestado debido a que la ejecución va con retraso.
- Si el **SV** es **positivo** la ejecución está adelantada porque se ha construido más de lo que estaba previsto y se debería haber gastado más dinero del inicialmente presupuestado.

En el ejemplo de la carretera, $SV = 200.000 - 300.000 = -100.000$ euros. Por tanto, el proyecto produce 100.000 euros menos de lo que debería haber ejecutado en el período.

La **Tabla 9** es un resumen de la combinatoria que puede producirse.

Este método es usado fundamentalmente por la herramienta de planificación 4D Synchro PRO, en la cual se pueden obtener todos estos valores apoyándose en gráficas.

CV	SV	Interpretación
+	+	Por debajo del presupuesto y adelantado
+	-	Por debajo del presupuesto y retrasado
-	+	Por encima del presupuesto y adelantado
-	-	Por encima del presupuesto y retrasado

Tabla 9. Combinatoria de los indicadores. Fuente: Métodos de Planificación y Control de Obras: del diagrama de barras al BIM

4.4.7 Comparación

En este apartado se pretende representar una matriz comparativa con el objetivo de resumir las algunas de las distintas ventajas e inconvenientes que tienen los métodos de programación de obras explicados en los apartados anteriores.

Propiedad/Método	Diagrama de barras	Diagrama Espacio-Tiempo	CPM	PERT	ROY	EVA
Orientación a sucesos	-	-	NO	SI	NO	-
Orientación a actividades	-	-	SI	NO	SI	-
Bucles en los grafos	-	-	NO	NO	SI	-
Varias relaciones de precedencia	NO	NO	NO	NO	SI	SI
Actividades ficticias	-	-	SI	SI	NO	-
Tiempos probablisticos	NO	NO	NO	SI	NO	NO
Probabilidad de cumplimiento	NO	NO	NO	SI	NO	SI
Análisis económicos	NO	NO	NO	NO	NO	SI
Utilización en la construcción	SI	SI	SI	NO	SI	SI
Utilización en la construcción BIM	SI	NO	NO	NO	SI	SI

Tabla 10. Comparativa general de los Métodos de Programación. Fuente: Elaboración propia.

4.5 Seguimiento del Programa

El seguimiento del programa es el concepto más importante de una programación, ya que, si un programa no se sigue, no tiene mucha utilidad. Este seguimiento se puede realizar cuando convenga, pero es recomendable realizarlo mensualmente.

El seguimiento consiste en poner al día la última red dada con los acontecimientos sucedidos durante el tiempo transcurrido entre la creación (o último seguimiento) y el momento de su seguimiento. Los acontecimientos que afectan a la red pueden ser[40]:

- Aparición de nuevas actividades, con sus ligaduras.
- Desaparición de algunas actividades, por eliminación de las mismas.
- Desaparición de actividades ya realizadas.
- Cambio, si fuera necesario, de la duración de las actividades futuras y de los tiempos de relación por tener una nueva información sobre esa fecha.
- Rotura de relaciones entre actividades y creación de nuevas relaciones.
- Nueva duración restante de las actividades comenzadas.

4.5.1 El Ciclo PDCA

Uno de los principios básicos de la gestión de obras es la mejora continua, el cual indica que en todo el proceso debe existir un control permanente que permita evaluar el comportamiento de los medios empleados y estimule los cambios de procedimientos necesarios para que se puedan alcanzar los objetivos necesarios deseados.

El concepto de Ciclo PDCA (Planificar-Desarrollar-Controlar-Actuar) es un buen ejemplo del principio de mejora continua.

Este método, desarrollado por Walter Shewart en 1920 e impulsado por Edwards Deming en la década de los 50, es una representación gráfica en la que se muestra que la planificación y control de obras debe ser constante, es decir, no sirve de nada hacer una planificación inicial si no se actualiza con el tiempo.

El ciclo PDCA se define como un conjunto de acciones ordenadas e interconectadas, dispuestas en un círculo en el que cada cuadrante corresponde a una fase del proyecto: P(Plan), D(Do), C(Check), A(Act).

- **Planificar:** en esta etapa entra en escena el equipo de planificación, que se encarga de predecir la secuencia lógica de la ejecución de la obra y las relaciones entre ellas, para lo que generan informaciones de objetivos y plazos.
- **Desarrollar:** el segundo paso es la materialización de la planificación de la obra. Es el traspaso de la información que se ha generado en la documentación a la realización física en el terreno.
- **Controlar:** la tercera etapa del ciclo es medir lo que se ha hecho en la realidad. Consiste en verificar comparando la predicción con lo ejecutado y señalar las diferencias en tiempo, coste y calidad. Esta es la etapa en la que se pone de manifiesto el seguimiento y el control del proyecto.
- **Actuar:** en esta etapa del ciclo confluyen las opiniones y las sugerencias de todos los que participan en la operación, lo que ayuda a identificar posibilidades de mejora, el perfeccionamiento de los métodos, la detección de focos de error, el cambio de estrategia, la evaluación de las medidas correctoras necesarias, etc.

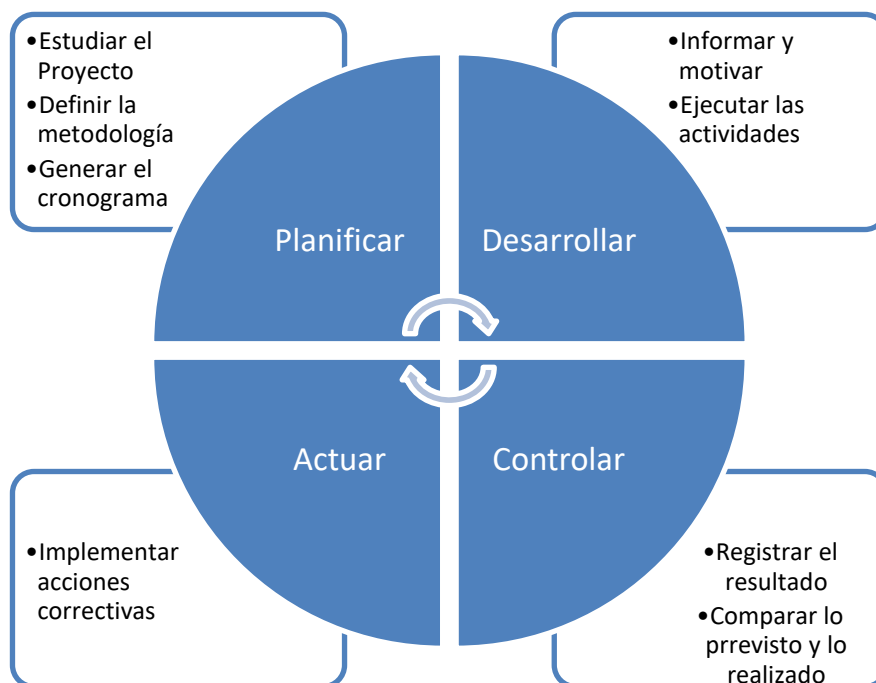


Figura 37. Ciclo PDCA. Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de variables involucradas (como la mano de obra, los materiales, el clima, las interferencias, los trabajos a rehacer y las pérdidas de productividad), hacen que el ciclo PDCA se integre perfectamente en el mundo de la construcción, ya que hace hincapié en la relación entre la planificación, el control y las acciones preventivas y correctoras oportunas.

Teniendo en cuenta el ciclo PCDA, el seguimiento corresponde al tercer cuadrante de la **Figura 37**. En esta etapa, al transcurrir cierto período de tiempo, se evalúa el progreso de las actividades y se compara lo planeado con el rendimiento realmente alcanzado.

4.5.2 Motivos para el seguimiento

La planificación es de una naturaleza dinámica y con ciertas dosis de imprevisibilidad, así que es necesario que el planificador revise el trabajo.

El control físico de una obra consiste en identificar los avances de las actividades y realizar las actualizaciones adecuadas. Una planificación continua y cuidadosa depende de la vigilancia de la situación real de las actividades por numerosas razones[26]:

- Las actividades no siempre se inician en el momento programado.
- Las actividades no siempre se terminan en la fecha prevista.
- El diseño cambia y el cambio afecta a la ejecución de las actividades.
- La producción no siempre es la misma debido a una gran variedad de motivos, por lo que la duración de las actividades sufre modificaciones.
- El equipo puede cambiar el plan de ataque de la obra o la secuencia de ejecución de algunas unidades de obra, e incluso el sistema constructivo de una parte de la obra.
- Surgen factores que, aunque sean previsibles, no se pueden mostrar con precisión en el cronograma, como lluvias, inundaciones, etc. Y también existen factores imprevisibles que afectan a los trabajos como huelgas, accidentes, etc.
- Se producen retrasos en el suministro de materiales.
- Faltan actividades en la planificación (alcance incompleto) o hay actividades inexistentes (alcance incorrecto).

4.5.3 Línea Base

Se denomina “Línea Base” (baseline) o plan de referencia a la planificación inicial, completada y aprobada por el equipo de gestión del proyecto, es decir, es la planificación ideal que se persigue, ya que contiene todas las actividades, refleja la lógica constructiva, muestra los recursos asignados e identifica la ruta crítica.

Cuanto más cerca de la línea base se desarrollen los trabajos, menos cambios se producirán.

Cuando una obra se aleja de la línea base, el planificador se siente frustrado. Sin embargo, lo más importante es detectar con tiempo las desviaciones que se van produciendo para tomar las medidas correctoras necesarias y volver a encarrilar la obra. Es en el esfuerzo de seguimiento y replanificación donde el planificador realmente puede destacar, ya que no existe una planificación inicial completamente correcta.

4.5.4 Avance de las actividades

La medición del avance consiste en medir que cantidad se ha llevado a cabo de cada actividad en un momento denominado “fecha de cierre”, que es la fecha de referencia para el seguimiento.

Se denomina “Certificación” a la tarea de recogida de datos de campo, especialmente cuando la fecha de cierre coincide con las fechas en las que hay que medir y valorar la obra ejecutada para que el equipo de dirección de obra “certifique” que coincide con la realidad y el cliente realice el abono.

La evolución de cada actividad hasta la fecha de cierre se coteja con el avance previsto de la línea base.

Existen varias maneras de realizar la medición de cada actividad según la naturaleza del trabajo:

- **Unidades físicas:** la actividad se mide por unidades de obras completadas
- **Porcentaje:** cuando no se puede medir fácilmente la actividad en unidades físicas y hay que basarse en un porcentaje estimado. Por ejemplo: el porcentaje de tiempo transcurrido en el curado del

hormigón.

- **Hitos ponderados:** la actividad se compone de varias unidades de obra y se asigna un peso a cada una, que se convierte en un hito de control. Por ejemplo: la instalación de un colector de saneamiento, asignando pesos del 30 % a la excavación de la zanja, 40% a la colocación de la tubería, 15 % al relleno y 15% a la pavimentación.
- **Fecha (nivel de esfuerzo):** la actividad se basa en la fecha de entrega. Se comprueba la fecha de entrega y se calcula que porcentaje de duración de la actividad ha transcurrido.

4.5.5 Actualización de la planificación

Una vez que se ha cuantificado el avance de las actividades, hay que actualizar la red, que consiste en reprogramar lo que queda por hacer. Esta etapa consiste en ajustar el cronograma considerando las condiciones reales de la marcha del programa.

La mejor forma de actualizar el cronograma es mediante la duración restante de las actividades en curso. Por ejemplo, se toma una actividad que tiene una duración prevista de 10 días y que lleva 6 días de ejecución. Aunque la previsión indique que faltan 4 días para su finalización, la duración restante puede ser mayor o menor de 4 días, debido a cambios en la productividad, a la dificultad de las obras o simplemente por deición del planificador. Por tanto, la duración restante debe guiarse no por la cantidad de días que faltan según la línea de base, sino por el tiempo que se cree que falta para completar la tarea.

4.5.6 Modificación de la ruta crítica

Los datos reales de las actividades pueden hacer que la ruta crítica pase a otro camino de la red, ya que basta con una única actividad consuma su holgura total para que se convierta en crítica y, en consecuencia, hay que controlarla cuidadosamente para no retrasar aún más el proyecto, centrándose todos los esfuerzos en la nueva ruta crítica.

5 LA PLANIFICACIÓN 4D

La principal idea de la planificación 4D consiste en añadir la variable tiempo a las otras tres dimensiones que ya existen en los modelos virtuales 3D de las obras, que se vienen realizando desde un tiempo, es decir, la nueva planificación que nos ofrecen los softwares BIM permiten trabajar simultáneamente con otras herramientas de planificación tradicional como pueden ser Oracle Primavera o MS Project, en el que además se le incorpora un modelo 3D exportado de otros programas de diseño como pueden ser Revit, Civil 3D o AECOSim (Bentley).

El modelo BIM 3D cuenta con la posibilidad de incluir una serie de objetos 3D inteligentes que permiten simular las unidades de obra de la construcción.

A estos objetos inteligentes se les puede incluir toda la información de utilidad para cualquier técnico que vaya a trabajar con ese modelo, como puede ser el fabricante, el proveedor, las dimensiones, el material, el coste e incluso si se debe incluir en fase de construcción o instalación.

Uno de los principios clave para poder realizar una buena planificación 4D es que la persona que vaya a crear los modelos BIM 3D lo haga pensando en incluir las condiciones idóneas para poder realizar la posterior planificación de obra. Por ejemplo, si se está construyendo un muro pantalla, lo más correcto sería crear un elemento por cada pantalla para cuando se vaya a planificar se puede incluir el orden lógico de ejecución.

Los objetos que se han introducido en el modelo BIM 3D pueden ser asociados a una serie de recursos como Equipo, Humano, Ubicación o Material. Es importante destacar que la asociación de tareas con objetos 3D siempre se hace a través de los recursos, es decir, de nada sirve asociar una actividad con el elemento 3D si esa actividad no tiene asociada un recurso que dote a la actividad de un carácter cuantificable.

Las ventajas de la integración de la planificación en el modelo son evidentes, ya que se puede visualizar no sólo el objeto final resultante, sino la secuencia animada de la construcción desde cualquier punto de vista. Con esto, se consigue que cualquier cambio que se esté introduciendo en la planificación se puede observar la consecuencia que produce en la obra.

La superposición de la **línea de tiempo** al **modelo espacial** también permite detectar muchos problemas que en la planificación tradicional pasarían de desapercibido[26] como son:

- **Interferencias dinámicas**, como el conflicto entre un encofrador trepador y una grúa.
- **Realización de trabajos en el mismo momento y lugar por demasiados** equipos o por oficios incompatibles, que pueden provocar grandes retrasos debidos a la espera.
- **Detección de situaciones de inseguridad**, como trabajos que se realizan en la misma vertical.
- **Imposibilidad de introducir la maquinaria necesaria** para la construcción o equipamientos del proyecto en su lugar de destino.

El resultado final de la **visualización de la ejecución** es la creación un archivo AVI en el que se puede ver cómo se va construyendo la obra desde sus inicios hasta su ejecución final, convirtiendo el proyecto en atractivo y fácil de comprender por el cliente

A parte de la visualización, es decir, como se va construyendo la obra en el tiempo a través de una animación, lo más importante es que la planificación 4D busca la simulación de la ejecución. Esto se refiere al estudio detallado especialmente de la obra para conseguir el proceso constructivo veraz y óptimo en tiempo y costes.

La simulación de la ejecución de la obra no es un concepto nuevo. En los proyectos que se vienen realizando siempre se busca reducir los tiempos de ejecución a través de diferentes planificaciones, en las cuales se van probando alternativas.

En la nueva forma de planificar, esto se puede realizar de la misma forma sólo que los cambios que se realizan son visibles en el espacio. Se puede seleccionar la tarea y se puede observar que recurso está asociado a esa tarea y viceversa.

Las duraciones de las actividades se pueden calcular de una forma más exacta teniendo en cuenta las

dimensiones del recurso que se le está asociando.

Una vez realizadas las diferentes alternativas de planificación se puede analizar visualmente cada una de ellas y escoger la que resulte más interesante para el planificador.

Esta serie de mejoras permiten conseguir un mejor conocimiento del proyecto y por tanto de la obra desde la pre-construcción hasta la terminación de la misma.

Por tanto, se puede concluir que las ventajas que ofrece la Planificación 4D son[45]:

- Mejorar el conocimiento del proyecto o la obra, desde su diseño hasta su ejecución final-
- Mejorar el estudio de las alternativas de construcción, gracias a la inmediata actualización de la planificación.
- Facilita la colaboración entre los agentes implicados del sector AEC, mejorando el entendimiento apoyándose en el modelo 3D frente a los habituales planos 2D.
- Conocer al instante la repercusión de los cambios de ejecución en la planificación; y por tanto de detección y reducción de riesgos en la planificación de la obra mediante su simulación tantas veces como se quiera en el ordenador.
- Integración y coordinación de subcontratistas y proveedores con un enfoque orientado a la ejecución integrada del proyecto: ahorro de tiempo y dinero gracias al aumento de la productividad, la reducción de las situaciones imprevistas y los costosos cambios de último momento.
- Posibilidad de detección de conflictos y actividades, que simplemente comprueba si hay conflictos entre dos objetos del modelo sino conflictos en el propio proceso de construcción. En este aspecto, no hay sólo que saber cómo se instalan determinados elementos constructivos sino también controlar el espacio que es necesario para su propia construcción en cada una de las disciplinas del proyecto. Esto podría llamarse planificación espacio-tiempo, en este caso como tenemos un modelo está controlado el espacio-tiempo de la obra.
- Mejorar las condiciones de seguridad y salud en la gestión de personal, materiales, espacio y recursos de equipamiento temporal.
- Comunicar de forma clara y transparente lo que va a llevarse a cabo en los próximos días, semanas, meses a todos los implicados, incluida la propiedad.

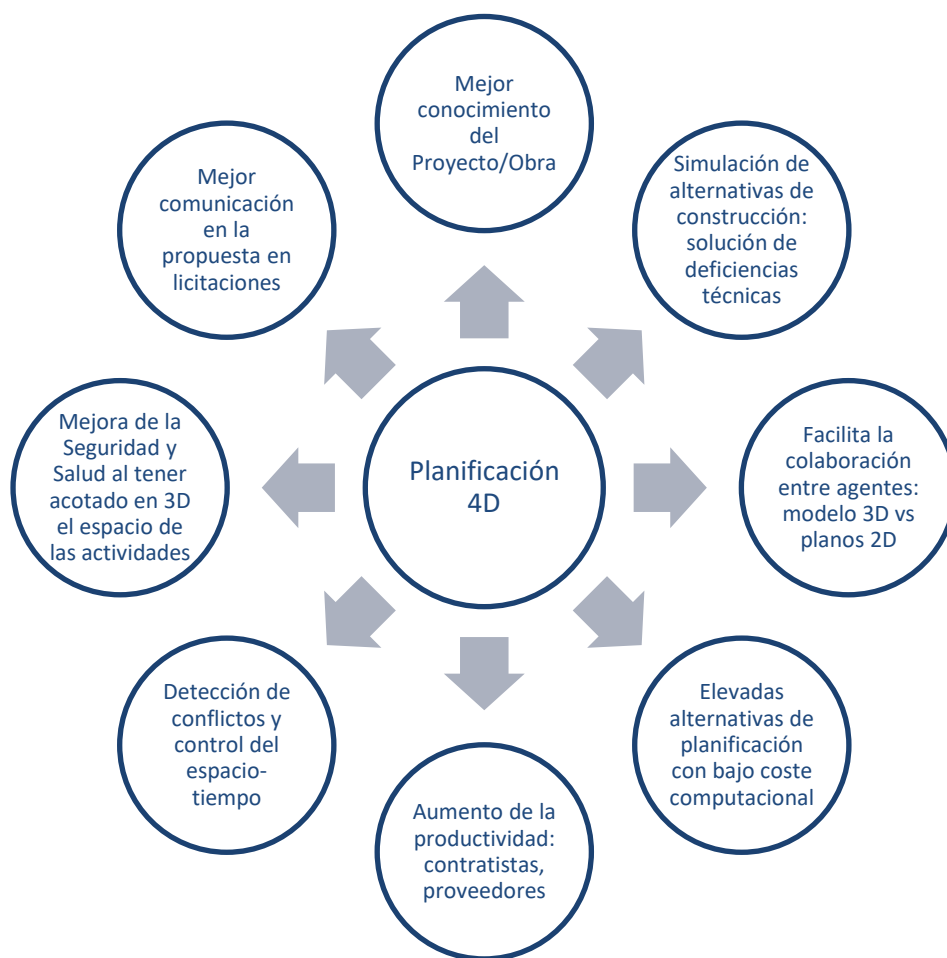


Figura 38. Ventajas que ofrece la Planificación BIM4D. Fuente: Elaboración Propia.

5.1 Análisis de las herramientas 4D

Este apartado pretende mostrar las distintas herramientas BIM que están enfocadas a la planificación de obras BIM4D. Para ello se va a realizar un análisis de las cinco principales herramientas del mercado como son Synchro PRO, Navisworks, Vico Office, iTWO y Navigator. Posteriormente, se hará una breve descripción de otras herramientas que son interesantes de conocer.

Una de las características principales y comunes entre estos programas es que permiten realizar secuencias constructivas, asociando los elementos 3D a cada una de las tareas del Diagrama de Gantt.

Teniendo en cuenta esta característica nace la necesidad pensar cómo se va a modelar la obra, teniendo en cuenta las necesidades que va a presentar la herramienta BIM de planificación. Posiblemente se piensa que las animaciones realizadas por los programas están muy orientadas a justificar y/o ampliar la documentación aportada de cara a una licitación, enfocadas desde un punto de vista más comercial que técnico. Esto podría ser cierto, pero el objetivo más importante de esta aplicación ya sea desde el punto de vista técnico y de seguridad y salud, es el análisis que se puede realizar sobre estas cuestiones antes de la ejecución de la obra con el objetivo de extraer conclusiones que permitan optimizarla y/o mejorarla, evitando futuros contratiempos derivados de una mala planificación[46].

5.1.1 Análisis de las herramientas existentes en el mercado

5.1.1.1 Synchro PRO

Esta herramienta BIM 4D, creada por la casa Synchro Ltd, es la más fuerte en lo que se refiere a la simulación 4D y análisis del calendario. A parte de realizar una planificación realizada desde una herramienta externa,

dispone de una herramienta interna llamada Synchro Scheduler que permite realizar la planificación.

La planificación es realizada con la ayuda del diagrama de Gantt y el método del CPM con las restricciones del ROY, de la misma forma que lo hacen MS Project y Primavera P6. Este algoritmo permite crear una planificación tan compleja como sea necesaria a través del cálculo del orden y plazos que se asignan a las tareas de planificación. Esto permite una gran facilidad de gestión y modificación desde el propio programa sin depender de un programa de planificación externo.

Este software permite la posibilidad de obtener gráficas EVA para calcular la probabilidad de éxito de la obra y para controlar si se está perdiendo dinero o no.

Las características clave de esta herramienta son:

- Escenario “Qué pasaría si” con análisis comparativo lado a lado.
- Administración de los recursos.
- Capacidad de tratamiento de múltiples líneas base para comparar con la real.
- Rendimiento contra lo planeado.
- Seguimiento del proceso constructivo de la obra.
- Opciones de reprogramación.
- Planificación y análisis del camino crítico.
- Sincronización con MS Project y Oracle Primavera.
- Posibilidad de realizar actualizaciones en el modelo.
- Marcar y anotar.
- Herramientas de correo electrónico.
- Generar informes de análisis de valor ganado.
- Informes de uso de recursos y tareas.

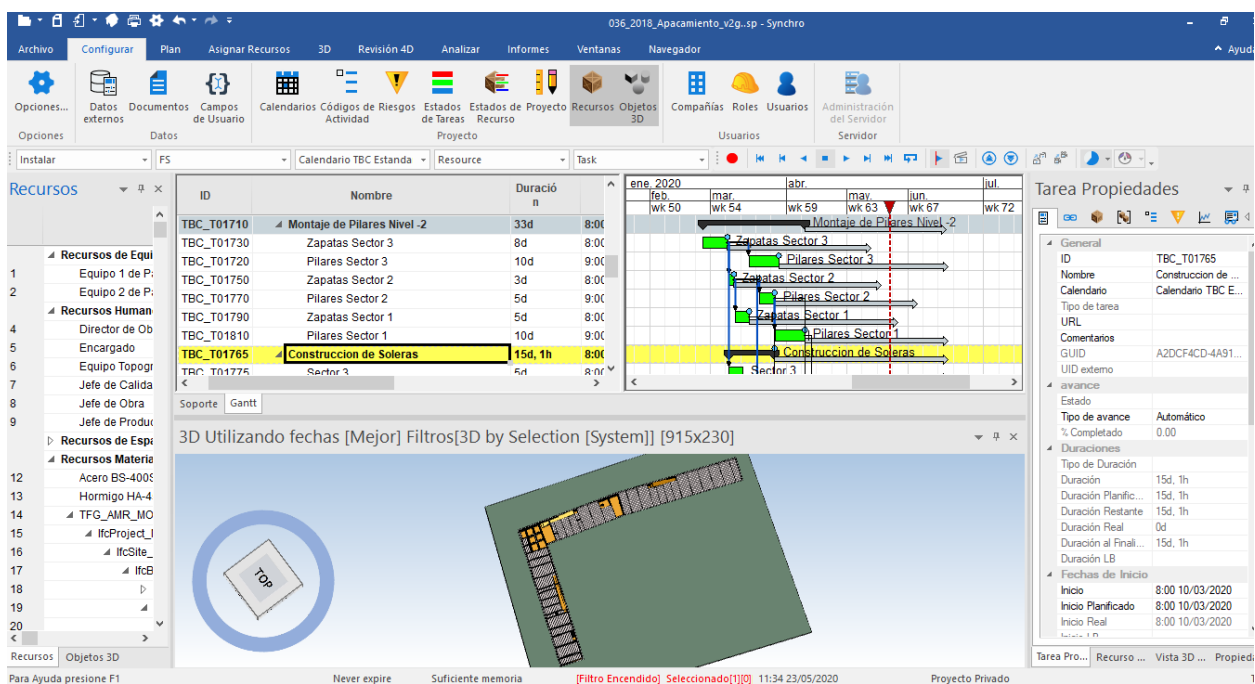


Figura 39. Entorno de Synchro PRO. Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2 Navisworks

Esta herramienta BIM, de la casa Autodesk, permite la vinculación con otras herramientas de planificación externas como ocurría en Synchro PRO. Aunque Navisworks es capaz de realizar una mera planificación interna a través del diagrama en proyectos de pequeña magnitud, no tiene una herramienta de planificación exclusiva como ocurría en Synchro PRO. Sin embargo, no es aconsejable hacer una planificación desde Navisworks.

Navisworks se considera una herramienta muy útil pero sólo cuando la relación entre tareas se ha importado de un programa externo, con un inconveniente importante, la necesidad de vincular la planificación en cada modificación que se realice en esta. Este motivo hace que la herramienta sea menos ágil en lo que se refiere a trabajos de seguimiento o de revisión.

Las características clave de esta herramienta son:

- Clasificación basada en puntos/líneas.
- Seguimiento del estado de los choques a medida que se encuentran y se resuelven.
- Informes de exportación.
- Importación/exportación XML.
- Simulación 4D.
- Programación de enlaces desde otro software de gestión de proyectos.
- Configurar los tiempos planificados y reales para visualizar las desviaciones del calendario de proyecto.
- Exportar simulaciones 4D a una animación .AVI pregrabada.
- Crear presentaciones de proyectos.
- Capacidad de renderizado.

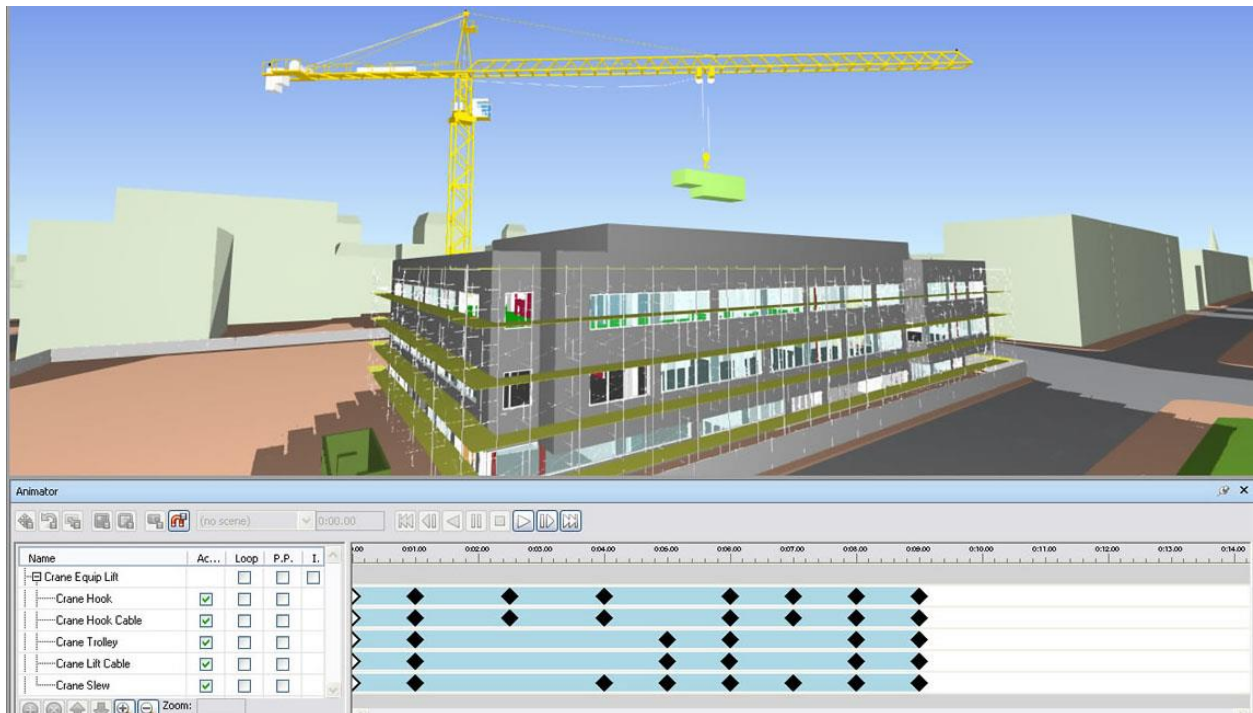


Figura 40.Entorno de Navisworks. Fuente: www.cadbim3d.com

5.1.1.3 Vico Office

Esta herramienta BIM, perteneciente a la casa Trimble, permite realizar gráficas empleando el método de líneas de balance LOB (Lines of Balance), ideal para obras lineales. La particularidad de esta herramienta es la de poder representar un grupo de actividades similares en una sola línea, pudiendo visualizar un gran número de tareas en un diagrama muy sencillo de interpretar y gestionar. Este diagrama es muy utilizado en el sistema planificador LPS (Last PLanner System), un sistema relativamente nuevo muy ligado a la metodología BIM, pero poco usado en España.

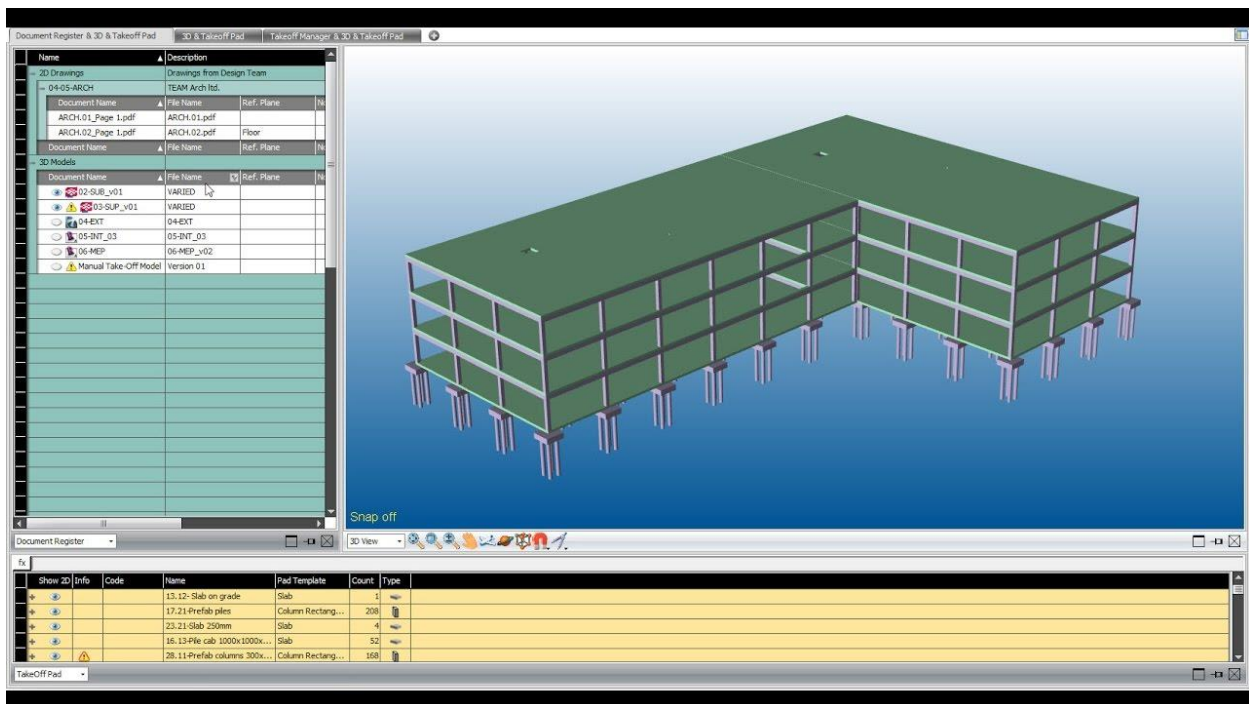


Figura 41. Entorno de Vico Office. Fuente: www.comparasoftware.com

Las características clave de esta herramienta son:

- Posibilidad de ingresar horarios en formato Gantt o lineal.
- Estructura de desglose de ubicación.
- Posibilidad de crear horarios basados en la cantidad para ver la factura de cantidades.
- Histograma de recursos.
- Codificación de colores del cuadro de control.
- Horario de previsión según los avances reales.
- Vincular múltiples proyectos.
- Simulación de análisis de riesgo de Monte Carlo.
- Capacidad de verificación de requisitos previos (para la adquisición).
- Costo y capacidad de flujo efectivo.
- Integración con MS Project y Oracle Primavera.

5.1.1.4 iTWO

Esta herramienta BIM, de la casa RIB Software, aparte de incluir la planificación 4D de una obra, está principalmente orientada a asignarle a un modelo BIM 3D los costes de una obra (dimensión 5D) junto con la herramienta de presupuestos PRESTO, perteneciente a la casa RIB Software también.

Las características clave de esta herramienta son:

- Plataforma 5D End-to-End.
- Combinar modelos de múltiples fuentes.
- Integración de despegue 2D.
- Programación del proceso de integración.
- Integración financiera.
- Crear estándares de código de costo de la organización.
- Conciliar con las finanzas en tiempo real.
- Utilizar conectores de finanzas.
- Recopilación de datos de campo móvil.
- Colaborar con las partes interesadas del proyecto.

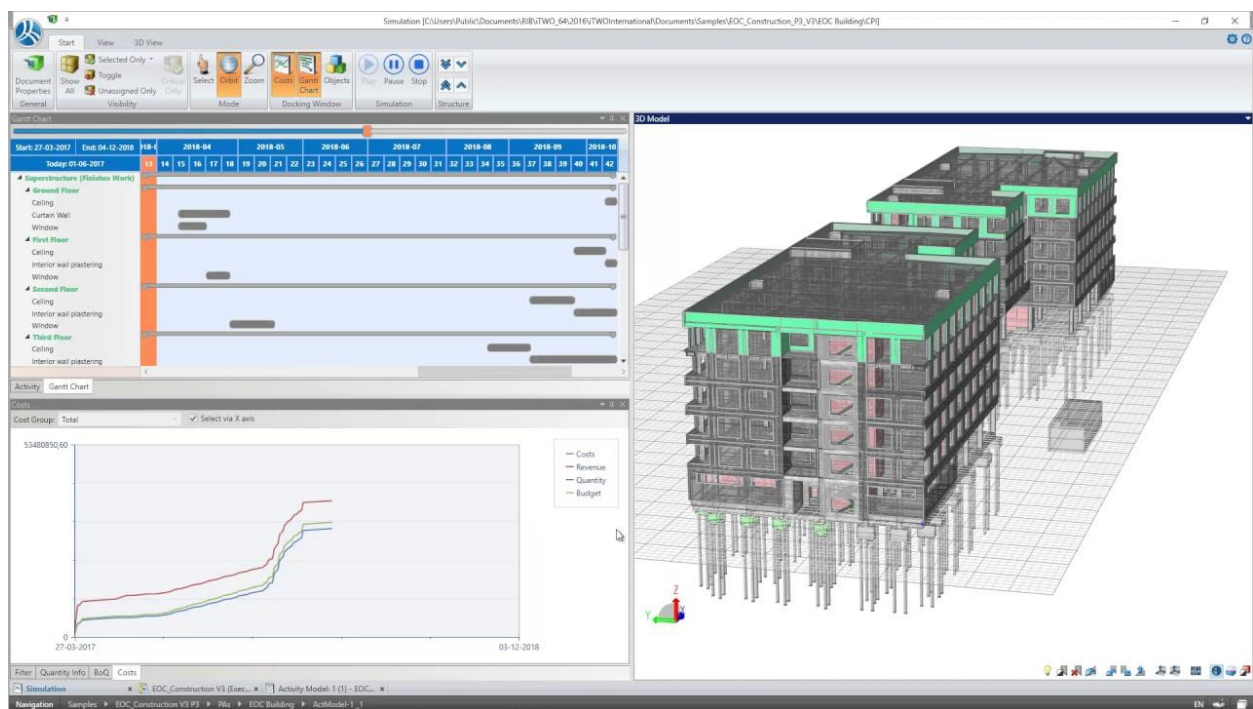


Figura 42. Entorno de iTWO. Fuente: RIB A/S

5.1.1.5 Navigator

Esta herramienta BIM, perteneciente a la casa Bentley Systems, permite analizar, revisar y manipular modelos para destacar y resolver interferencias.

Las características clave de esta herramienta son:

- Revisión de diseño y manipulación.
- Visualización fotorrealista.

- Programación de simulación.
- Detección de choques.
- Informes de exportación.
- Interoperabilidad: IFC, DGN, DWG, DXF, SKP, PDF, IGES, STEP, etc.
- Seguimiento de la historia.
- Repositorio de base de datos.

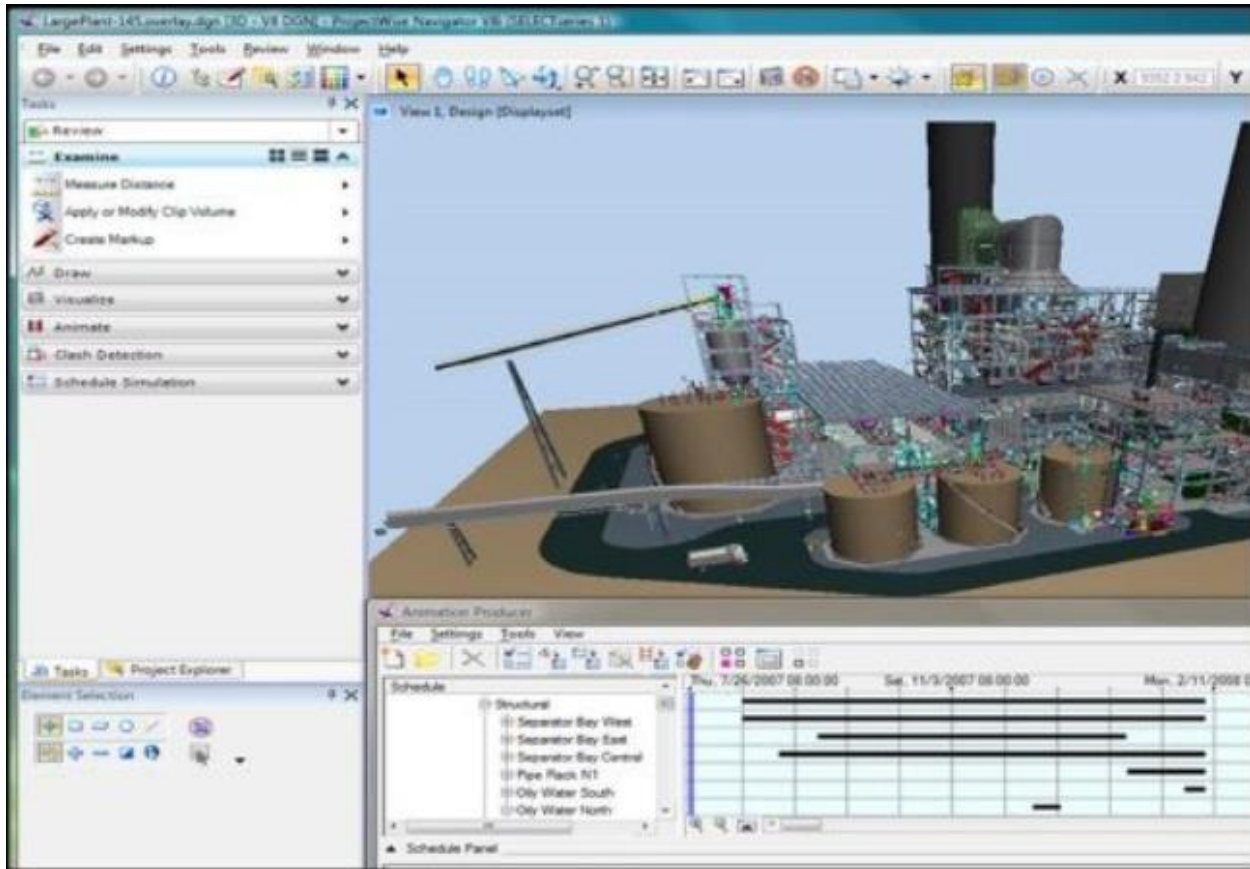


Figura 43. Entorno de Navigator. Fuente: General comparison between 4D softwares.

5.1.2 Comparativa entre herramientas

En este apartado se realiza una comparativa en base a la publicación “General comparison between BIM 4D softwares” [47] de Tamer Elgohari, ingeniero de ASGC, una de las empresas de construcción más importantes de Dubai.

Se hace una valoración de 1 al 5 en las siguientes disciplinas:

- Facilidad de aprendizaje.
- Madurez relativa al nivel BIM 4D.
- Tiempo de trabajo y calidad de la simulación.
- Importación y exportación de ficheros.
- Madurez relativa al nivel BIM 5D.

5.1.2.1 Facilidad de aprendizaje

En la **Tabla 11** se muestra la valoración respecto a este campo:

Aspecto a Puntuar	Puntuación respecto a 5				
	Naviswork	Synchro PRO	Navigator	iTwo	Vico Office
Facilidad de aprendizaje	2.5	3.5	2.5	3	2

Tabla 11. Puntuación respecto a Facilidad de aprendizaje. Fuente: Elaboración propia en base al a Tamer Elgohari.

La herramienta Synchro es la más fácil de aprender debido a que su interfaz de usuario es muy intuitiva.

En cualquiera de estas herramientas se puede hacer la vinculación de objetos 3D a una actividad para introducirla en la planificación sin ninguna dificultad.

La interoperabilidad entre Revit y Navisworks es realmente buena debido a que ambos softwares pertenecen a la casa Autodesk. Toda la información del modelo BIM de Revit está disponible en Navisworks, quedando su uso muy cómodo y aprovechable.

5.1.2.2 Madurez relativa al nivel BIM 4D

La valoración sobre este campo se muestra en la **Tabla 12**:

Aspecto a Puntuar	Puntuación respecto a 5				
	Naviswork	Synchro PRO	Navigator	iTwo	Vico Office
Madurez relativa al nivel BIM 4D	3.5	4.5	2.5	2.5	3

Tabla 12. Puntuación respecto a la madurez del BIM 4D. Fuente: Elaboración propia en base a Tamer Elgohari.

Esta valoración se ha realizado en base a la posibilidad de:

- Generar un plan de obra en la propia herramienta que pueda ser vinculado a un modelo 3D.
- Analizar interferencias estáticas y dinámicas en el modelo 3D.
- Poder simular de forma rápida diferentes escenarios hipotéticos de construcción al modificar la planificación.

Se podría decir que Synchro es la herramienta más adecuada para llevar a cabo la planificación 4D, debido a que es fiable y efectiva tanto para proyectos sencillos como complejos. Este programa permite asociar los materiales, equipos y costes a un modelo BIM 3D a partir de una planificación elaborada desde la propia herramienta mediante la configuración Synchro Scheduler, a parte de la posibilidad de trabajar con la planificación procedente de otras herramientas como MS Project o Primavera P6.

Navigator, iTWO y Navisworks no tienen la posibilidad de introducir nuevas tareas en la planificación a través de la herramienta, lo que conlleva a una lentitud en el proceso de modificación de una planificación y, consecuentemente, en la simulación de la construcción vinculada a un modelo 3D.

La herramienta Vico Office utiliza el método de las líneas de balance. Esta metodología es usada exclusivamente por esta herramienta y no está consolidada en el mundo de la construcción y la industria.

Es importante destacar que Synchro y Navisworks permite la detección de conflictos en obra, Clash Detection. Este aspecto es fundamental para hacer la toma de decisiones y evitar problemas antes de tener que corregirlos “in situ”.

5.1.2.3 Tiempo de trabajo y calidad de la simulación

La valoración de este campo queda de la siguiente forma:

Aspecto a Puntuar	Puntuación respecto a 5				
	Naviswork	Synchro PRO	Navigator	iTwo	Vico Office
Tiempo de trabajo	2.5	3.5	2.5	2.5	2.5
Calidad de la simulación	4	3.5	2.5	2.5	3

Tabla 13. Puntuación respecto Tiempo/Calidad. Fuente: Elaboración propia en base a Tamer Elgohari.

Se podría decir Synchro PRO es la herramienta que necesita menor cantidad de tiempo de trabajo y que tiene unos resultados óptimos de simulación. Es importante puntualizar que Navisworks permite realizar mejores simulaciones que Synchro Pro, pero el tiempo necesario para conseguir estos resultados es bastante más elevado, ya no que no se considere una herramienta muy intuitiva en este aspecto.

Las herramientas de simulación de los softwares Vico, iTWO y Navigator quedan muy lejos de la de Navisworks y Synchro, por lo que en este aspecto estos dos últimas herramientas son las más adecuadas para simular la ejecución de una obra y ver las posibles interferencias derivadas de la construcción.

5.1.2.4 Importación y exportación de ficheros

Esta valoración está realizada en función de los formatos que pueden aceptar y crear cada una de estas herramientas, quedando el resultado de la siguiente forma:

Aspecto a Puntuar	Puntuación respecto a 5				
	Naviswork	Synchro PRO	Navigator	iTwo	Vico Office
Importación y Exportación	4	4.5	4	4	3.5

Tabla 14. Puntuación respecto Importación/Exportación. Fuente: Elaboración propia en base a Tamer Elgohari.

Todas estas herramientas analizadas permiten exportar archivos de trabajo en infinidad de formatos. También pueden exportar animaciones en una gran variedad de formatos de video, así como imágenes desde cualquier punto de vista y en cualquier momento de la simulación.

Synchro PRO tiene muchas funciones para la generación de informes relativos a la planificación de obra, mientras que el resto carecen de ellas.

5.1.2.5 Capacidad de abordar el nivel 5D

Este aspecto, aunque no es íntegramente BIM 4D, está muy relacionado porque es el siguiente paso para seguir. En la **Tabla 15** se muestra la valoración respecto a este campo:

Aspecto a Puntuar	Puntuación respecto a 5				
	Naviswork	Synchro PRO	Navigator	iTwo	Vico Office
Capacidad de abordar el nivel BIM 5D	3	3	1	5	4

Tabla 15. Puntuación respecto al 5D. Fuente: Elaboración propia en base a Tamer Elgohari.

La herramienta iTWO es la que se encuentra mejor preparada para abordar una dimensión 5D relativa a costes

y presupuesto. Esta ventaja es debido a que la herramienta de gestión de presupuesto por excelencia es PRESTO, y ésta pertenece a la misma casa que ITWO, RIB Software.

Por otro lado, la herramienta Vico Office también tiene una fuerte presencia en el BIM 5D, puesto que permite realizar presupuestos con objetos 2D y 3D. Un cambio en el precio o duración de cualquier unidad del modelo 3D, actualiza el presupuesto vinculado a la obra modelada.

Navisworks y Synchro tiene una valoración media en este aspecto, es decir, que pese hacer toda los que hacen, tiene la capacidad de defenderse ante la dimensión 5D. Por ejemplo, Synchro PRO tiene una asignación a través del método EVA.

5.1.2.6 Conclusiones

Para finalizar, en la **Figura 44** se establece un resumen del análisis elaborado para las diferentes herramientas BIM 4D disponibles y se exponen una serie de conclusiones al respecto:

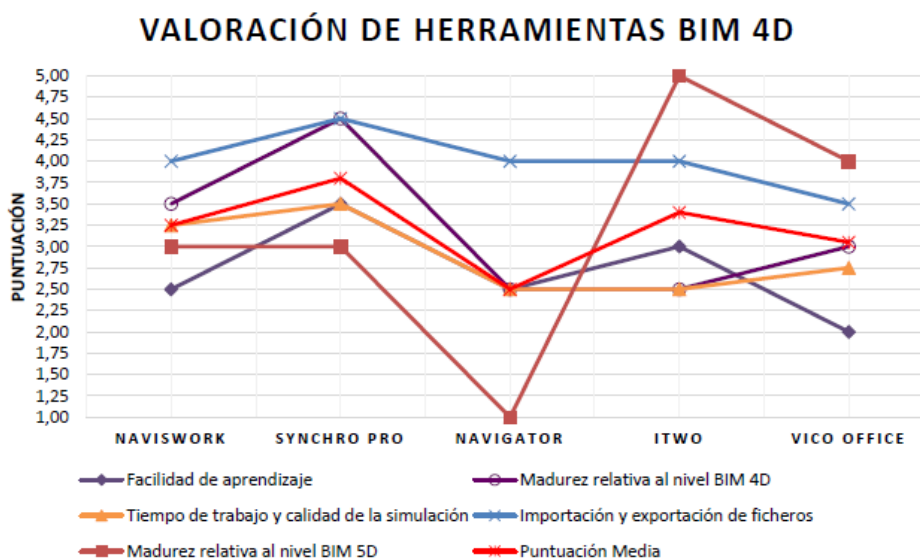


Figura 44. Gráfico comparativo de herramientas BIM 4D. Fuente: TFM Juan Bautista Bermejo

- Navisworks es la herramienta más potente de detección de interferencias estáticas y dinámicas, con las que se pueden obtener simulaciones de gran calidad.
- Synchro PRO es la herramienta más eficiente para la planificación 4D y hacer análisis de programación, consiguiendo una buena calidad de modelos, permitiendo la detección de interferencias y asignación de costes a través del método EVA.
- Navigator es una herramienta muy eficaz para la detección de interferencias, pero presenta una simulación 4D que deja algo que desear tras un elevado tiempo de trabajo.
- Vico Office no es recomendable porque se basa en el método de las líneas de balance, que está poco asentado en el sector de la construcción.
- iTWO es la más potente para alcanzar el nivel BIM 5D. La capacidad de planificación 4D es baja, pero presenta un buen sistema de detección de interferencias.

5.1.3 Herramientas crecientes desde 2018

En el epígrafe anterior se han recogido las características más interesantes de las que siempre han sido las herramientas de planificación BIM 4D más importante del mercado. Un análisis similar ya se había incluido los trabajos académicos reseñados. Sin embargo, en este epígrafe se pretende incluir algunas herramientas que ahora mismo se encuentran en crecimiento en el mercado.

A continuación, se van a explicar las siguientes herramientas:

- Plan-It
- Asta PowerProject
- Primus KRONO
- Trimble TILOS

5.1.3.1 Plan-It

No se considera un programa en si mismo, ya que es uno de los módulos opcionales que ofrece el software de mediciones y presupuesto Presto.

En los últimos años, Presto se viene adaptando a la metodología BIM introduciendo en su programa módulos como Cost-It, Plan-It y Build-It.

Las funcionalidades de Plan-It, permiten a Presto gestionar las mediciones extraídas de un modelo de Revit a través de Cost-It, aprovechando la información del presupuesto para la creación de la planificación sin partir desde cero. Se pueden realizar acciones como la reorganización de las partidas y de las mediciones, creación de fechas, creación de tareas, creación de enlaces entre tareas, introducir holguras, etc.

Este proceso tiene varias ventajas sobre otros sistemas que implican el uso de varios programas y varios pasos de importación, exportación y mapeo[48]:

- Si las unidades de obra tienen las descomposiciones que provienen de precios de cuadros de precios comerciales o propios del usuario, se pueden calcular tanto las duraciones como los recursos necesarios para las actividades derivadas, sin partir de cero.
- Las actividades de la planificación figuran ya de origen vinculadas a los elementos del modelo BIM, por lo que la obtención de una planificación visual 4D es mucho más sencilla.

La opción “BIM 4D en Revit” activa en la vista del modelo de Revit la visualización secuencial de los elementos del modelo en función del diagrama de barras para comprobar gráficamente el progreso previsto de la ejecución.

Esta herramienta supone una buena alternativa para las empresas constructoras, ya que están muy familiarizadas con el programa Presto. Simplemente, tendrían que familiarizarse con el programa Revit para poder manejar la información de forma correcta.

Es importante decir que esta herramienta sólo funciona como conexión directa con el programa de modelado BIM 3D Revit. Por tanto, su uso es limitado a las personas que son usuarios de este programa.

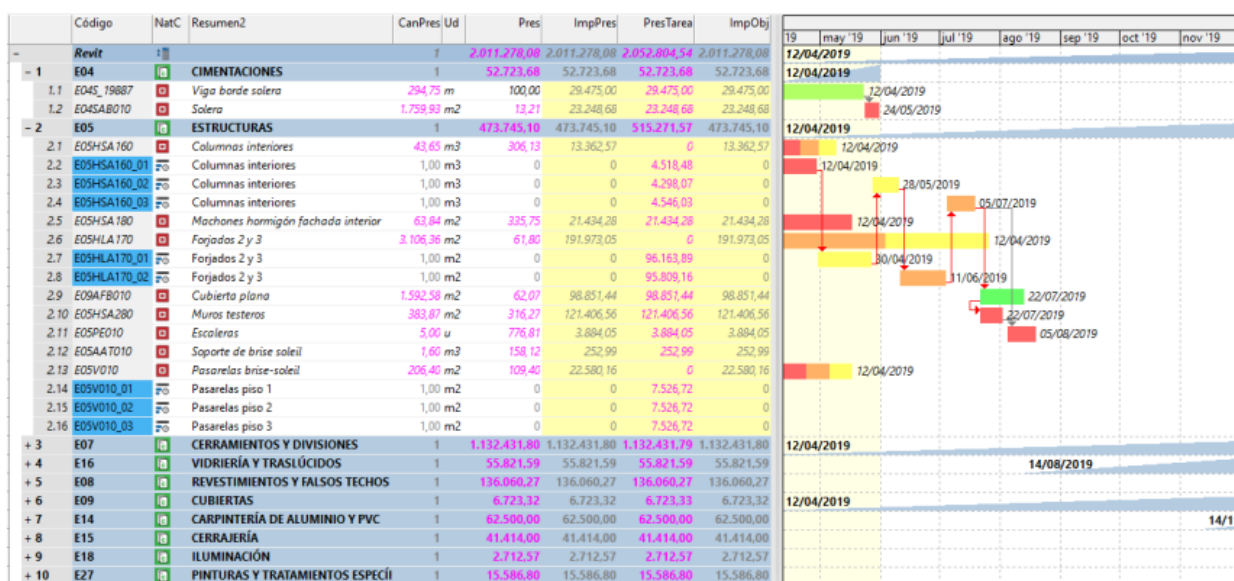


Figura 45. Entorno de Plan-It. Fuente: www.rib-software.es

5.1.3.2 Asta PowerProject

Este programa cuenta con unos 30 años de experiencia en la planificación de obras, pero es con revolución de la metodología BIM cuando se está dando a conocer gracias a su módulo integrado PowerProject BIM.

Este software proporciona una amplia gama de funciones de planificación de proyectos, gestión de recursos y costes, incluyendo el intercambio de datos con el software Oracle Primavera y MS Project. Sus principales características son la programación precisa de alto rendimiento, la información precisa sobre el progreso, el análisis de riesgos y la administración del espacio.

Este programa trabaja con un modelo BIM 3D en formato de intercambio IFC, en el cual pueden ser vinculados sus elementos con la zona del Diagrama de Gantt. La duración de cada una de las tareas puede ser modificadas y también cuenta con la posibilidad de dividir el elemento para formar varias tareas.

Según APP consultores [49], sus patrocinadores en España, PowerProject BIM permite al programador de obras realizar las siguientes funciones:

- Identificar problemas que no pueden ser visibles en los programas tradicionales.
- Ejecutar escenarios para evaluar la factibilidad de la ejecución y así encontrar las mejores alternativas.
- Ver el impacto de la ejecución en el modelo 3D a medida que se va actualizando el Diagrama de Gantt.
- Estudiar cómo será el proceso constructivo en diferentes etapas del proyecto.
- Integrar la información as-built.
- Crear las mejores ofertas y en el menor tiempo posible.

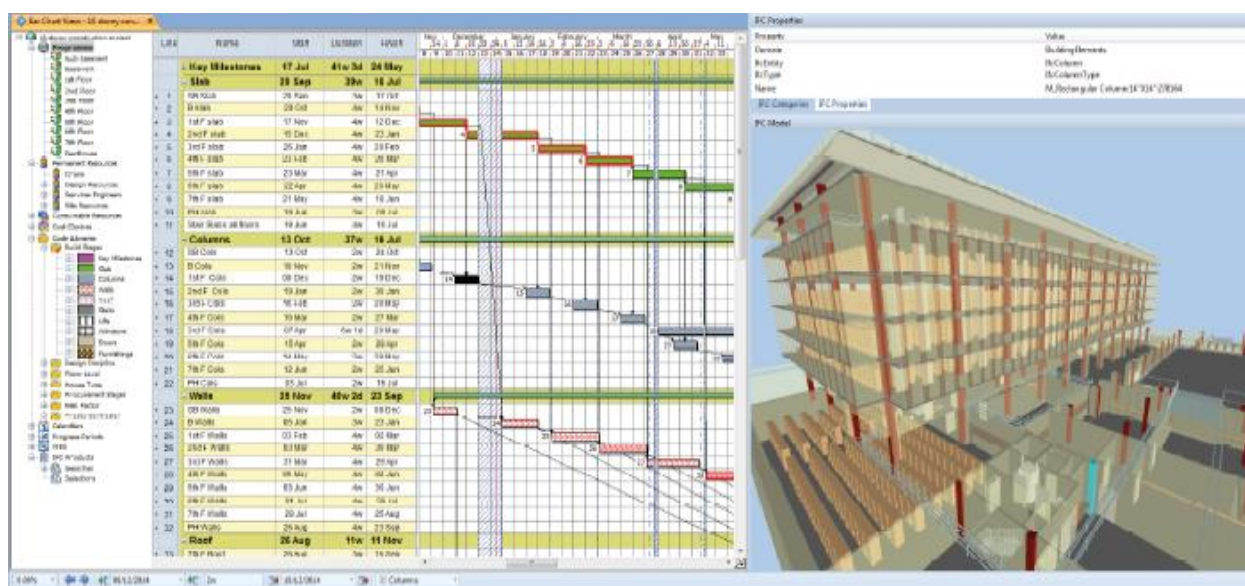


Figura 46. Entorno de Asta PowerProject. Fuente: astapowerproject.net

5.1.3.3 PriMus KRONO

Es un módulo incluido en el programa de Gestión de Obras PriMus, perteneciente a la casa italiana ACCA Software. Con este módulo se obtiene el cronograma de la obra automáticamente a partir de las mediciones y el presupuesto elaborado con PriMus, permitiendo comparar el proyecto con la ejecución de obra, monitorear actividades, costes, tiempos y recursos. También es capaz de obtener informes, resúmenes y diagramas que se pueden exportar a Word y Excel.

A pesar de ser una herramienta que no tiene la gran mayoría de las potencialidades que recogen las herramientas anteriores, se ha querido incluir porque tiene mucha importancia en Italia debido al flujo directo con las diferentes herramientas de la compañía.

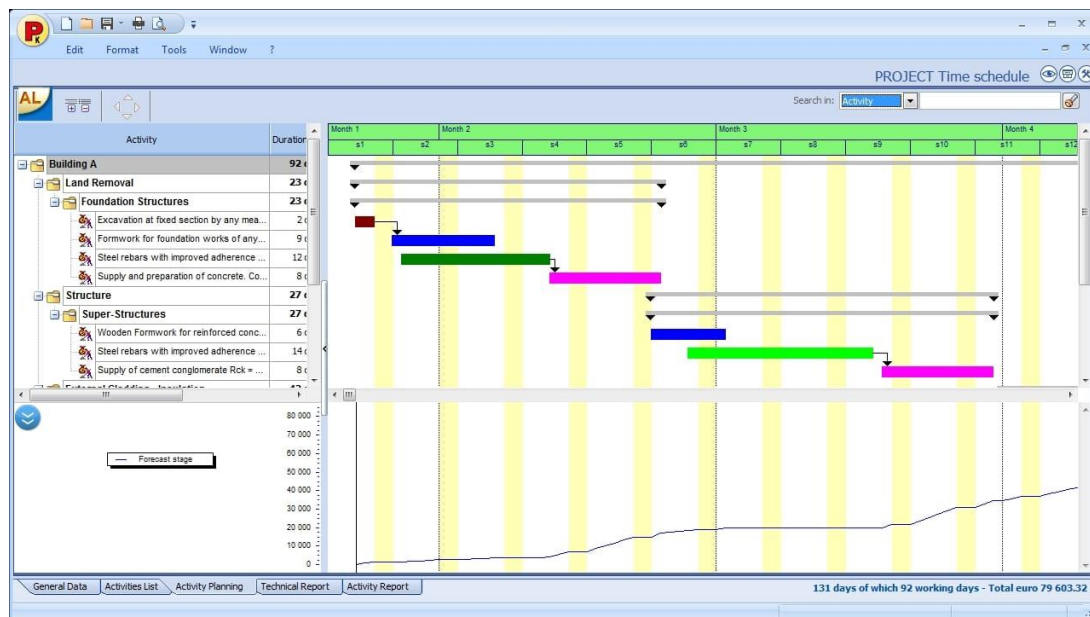


Figura 47. Entorno de la herramienta PriMus KRONO. Fuente: www.accasoftware.com

5.1.3.4 Trimble TILOS

La herramienta de la casa Trimble es una aplicación exclusiva para planificar y controlar proyectos lineales de infraestructura de todos los tamaños y dificultades como la construcción de carreteras, construcción de tuberías, construcción ferroviaria, ingeniería de proyectos de puentes, construcción de túneles y todos los tipos de ingeniería hidráulica.

Se trata de un software que combina el tiempo y el espacio en una vista gráfica, es decir, tiene como motor principal un diagrama de espacio-tiempo. Algunas de las características principales de este software son [50]:

- Facilidad en la planificación y expresión gráfica de proyectos.
- Flexibilidad en la organización de proyectos.
- Integración de datos actuales.
- Reducción del número de errores de planificación.
- Obtención de planos más realistas gracias al uso de especificaciones constructivas basadas en la distancia.
- Control de gastos y recursos con la mayor eficiencia posible.
- Ahorro de tiempo de planificación gracias al uso de plantillas
- Comparativa entre calendarios planeados con los reales.
- Intercambio de datos abierto con otros sistemas de gestión de proyecto.
- Seguimiento del progreso.

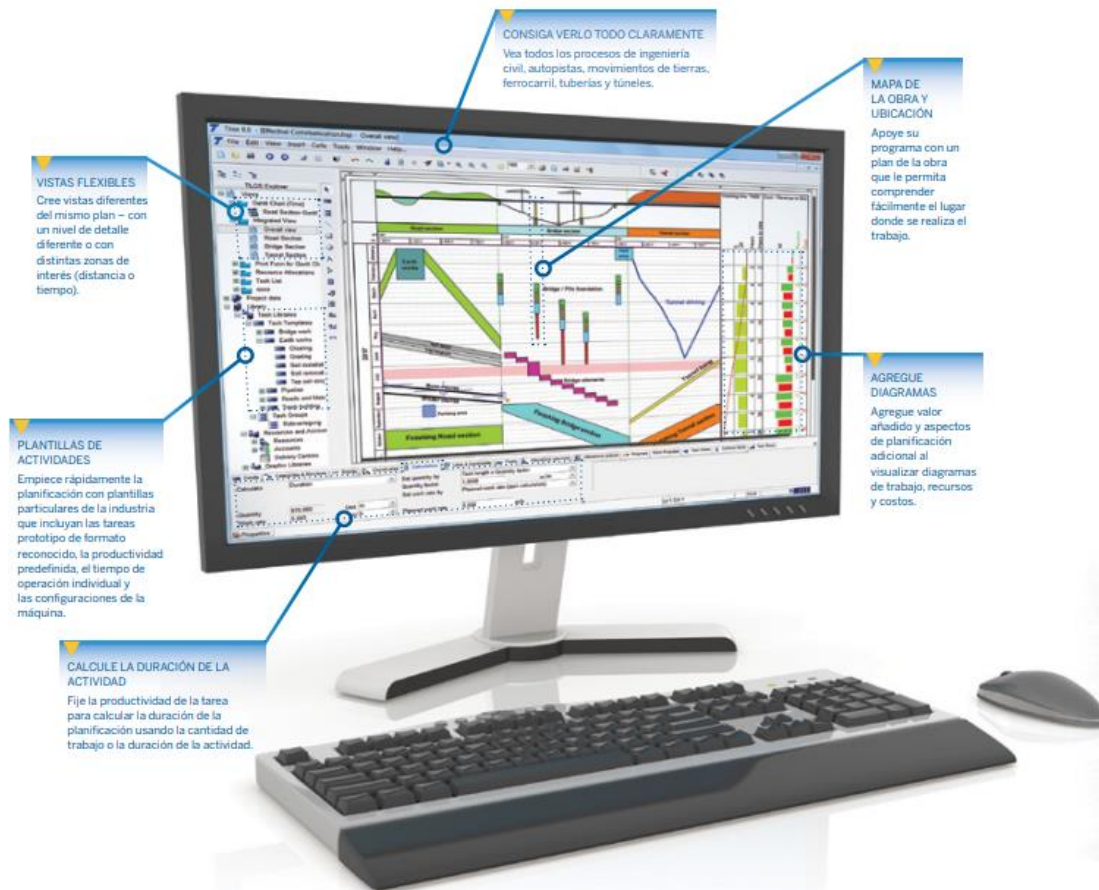


Figura 48. Entorno del software Trimble TILOS. Fuente: Construction Trimble.

5.1.4 Propuesta de herramienta para el TFG

En este apartado se recogen las razones por las que se ha tomado la decisión de elegir como herramienta de trabajo para realizar la planificación BIM4D.

Tal y como se ha recogido en los párrafos anteriores, la elección del software de planificación BIM 4D se realiza en función del resultado que se pretenda conseguir. Por tanto, si se quiere conseguir una planificación eficaz, rápida, perfectamente revisable y reprogramable y, sobre todo, con un flujo de trabajo e interfaz muy cómodo con un modelo 3D la mejor elección es Synchro PRO.

Se ha desarrollado la planificación de la obra del aparcamiento subterráneo con la herramienta Synchro PRO por los siguientes motivos:

- Esta herramienta se considera como “pura” de planificación de obras y así se ha pensado desde su creación en el año 2001. Por ello cuenta con la configuración de Synchro Scheduler que permite realizar la planificación en la propia herramienta BIM.
- Su interfaz se puede considerar la más cómoda y manejable de todas las alternativas que se han planteado, en la que se pueden crear, filtrar y gestionar infinidad de parámetros relacionándolos con los objetos que se han modelado. Este aspecto es muy importante, ya que no depende de otros programas de modelado BIM para la creación de parámetros dotándolo de una agilidad de planificación incomparable.
- Se caracteriza por poder cargar cualquier modelo BIM en múltiples formatos minimizando los errores y la pérdida de información. Por tanto, es significado de versatilidad, robustez y fiabilidad.
- Las herramientas del mercado ofrecen la función de detección de colisiones. Sin embargo, Synchro PRO ofrece una previsualización bastante más clara de los objetos conflictivos y la interfaz de la herramienta de detección de conflictos es la más fluida.

- Dejando de lado las herramientas propias de renderización, Synchro ofrece una gran capacidad de presentación del producto terminado, realizando videos en los que se le puede incluir la evolución de los elementos en la secuencia constructiva.

5.2 Descripción de la herramienta Synchro PRO

Synchro PRO es la herramienta de planificación 4D por excelencia, ya que fue la primera herramienta que se aventuró en hacer una planificación inteligente dando el salto a la Metodología BIM. Desde su creación en 2001, la casa Synchro Ltd se ha dedicado a desarrollar su herramienta, convirtiéndose prácticamente en el estándar de este ámbito.

Este software es utilizado por muchos profesionales como Project managers, oficinas de proyectos, constructoras, propietarios y otros consultores y proveedores.

Synchro tiene dos formas de trabajar con la planificación:

- **Importar una planificación:** esto significa importar la planificación desde programas como Oracle Primavera P6, MS Project o cualquier otro programa de planificación que pueda exportar en formato XML y, asociarlo a un modelo 3D también exportado desde cualquier otro programa de modelado.
- **Planificar directamente desde Synchro:** esto significa planificar de una manera tradicional directamente desde el software, creando una estructura WBS con una serie de tareas con sus duraciones y creando una relación entre ellas. Luego, estas tareas son asociadas a uno o más recursos 3D del modelo importado.

Synchro ofrece una serie de plataformas:

- **Synchro Scheduler:** es el programa de planificación gratuito de Synchro. Ofrece prácticamente las mismas posibilidades que los programas tradicionales de planificación. Consta de un diagrama de Gantt 2D tradicional y con un motor avanzado de CPM. Los usuarios pueden calcular el camino crítico, gestionar recursos y costes, crear líneas de base, comprobar el progreso de las tareas y comparar programaciones.
- **Synchro Open Viewer:** es el programa de planificación 4D gratuito de Synchro. Este visor ofrece la posibilidad de ver el modelo 3D, la planificación que se ha realizado previamente y analizar las posibles colisiones para poder verificar la constructibilidad del proyecto.
- **Synchro PRO:** es la versión de pago de Synchro, aunque se puede conseguir licencias de estudiantes fácilmente. Es la versión profesional, ya que incluye todas las prestaciones de las dos plataformas anteriores y, además, es la más común en las empresas debido a su versatilidad.
- **Synchro Workgroup Project:** esta plataforma también es de pago. Su principal función es conseguir que el equipo de trabajo esté siempre funcionando con la información a tiempo real y correcta.
- **Synchro Site:** esta plataforma se instala en el iPad y está vinculada con la plataforma anterior. Su función consiste en detectar imprevistos “in situ” y ver el progreso de las obras en directo.

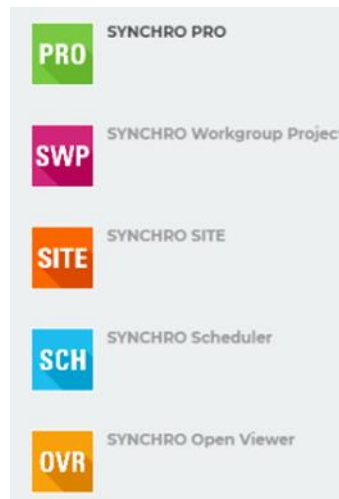


Figura 49. Plataformas de Synchrono. Fuente: <https://www.synchroltd.com/>

5.2.1 Entorno de Trabajo de la Herramienta BIM 4D

Este apartado se centra en hacer una introducción de las distintas ventanas que componen el entorno de trabajo de la herramienta de planificación BIM4D Synchrono PRO, ya que en los siguientes apartados se van a utilizar para conseguir el resultado de planificación y visualización de la ejecución deseada.

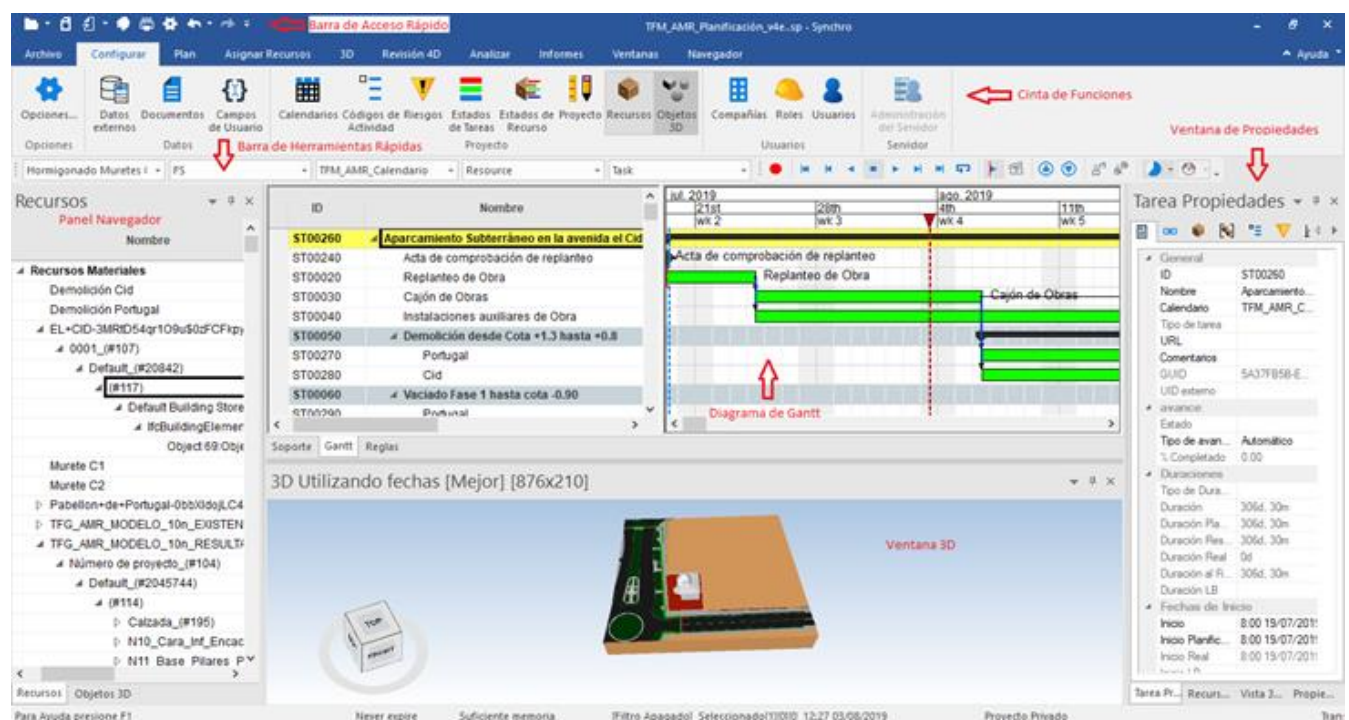


Figura 50. Entorno de trabajo de Synchrono PRO. Fuente: Elaboración Propia.

Antes de profundizar en cada una de las ventanas, una idea interesante es que todas las ventanas que aparecen en la parte de la izquierda representan aspectos generales del proyecto y, en cambio, todas las ventanas que aparecen en la parte de la derecha (ventanas de propiedades) representan aspectos específicos de cada elemento seleccionado.

Todas las ventanas que se van a describir en los siguientes apartados pueden ser cambiadas de tamaño en todo momento superponiendo el ratón en el extremo de la ventana para que aparezca el icono de la doble flecha pulsado y arrastrándolo.

Las ventanas también pueden ser desancladas haciendo doble clic en la barra del título de estas. Para volver a acoplar la ventana en su ubicación anterior, basta con hacer doble clic en la barra de título de estas.

Si se cierra alguna de estas ventanas, se pueden volver a abrir en la pestaña de ventanas o en algunas de las otras pestañas.

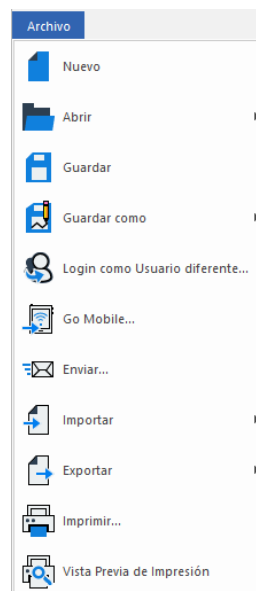
Una de las cosas buenas de Synchro es que se puede encontrarlas cosas en varios lugares de la interfaz.

Por último, el diseño inicial de la interfaz puede ser recuperado seleccionando **Ventanas >Diseño > Restablecer esquema.**

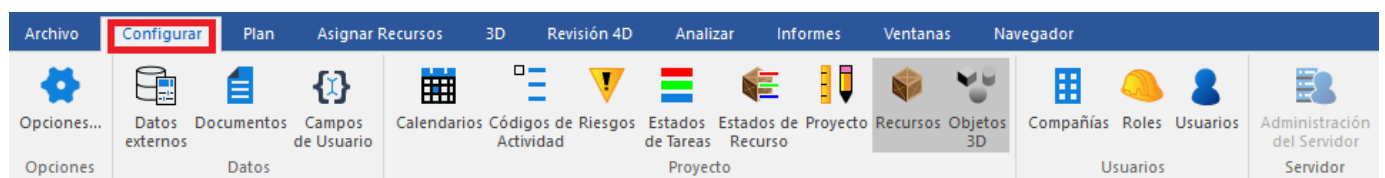
5.2.1.1 El Menú de funciones

Este menú tiene una serie de funciones que están ordenadas siguiendo el flujo de trabajo con Synchro, las más importantes son las dos últimas, Ventanas y Navegador, porque manejan todas las ventanas y funcionalidades extra que se quieren incluir en la pantalla principal.

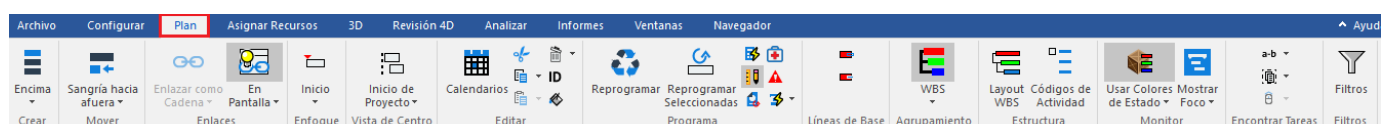
- **Archivo:** permite abrir, guardar e imprimir proyectos, importar modelos 3D procedentes de otras herramientas de modelado o archivos de datos de planificación procedentes de Microsoft Project o Primavera P6, ya sean en sus formatos característicos o el formato común IFC.



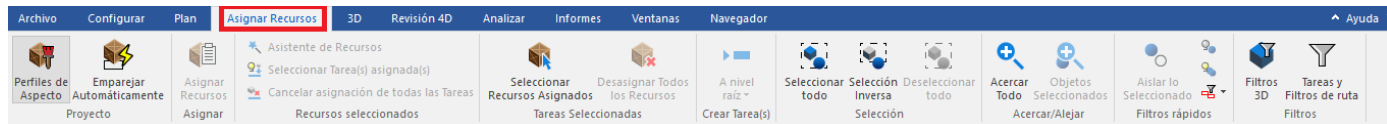
- **Configurar:** permite configurar las variables concretas del proyecto. Como los calendarios, las compañías, los roles, etc.



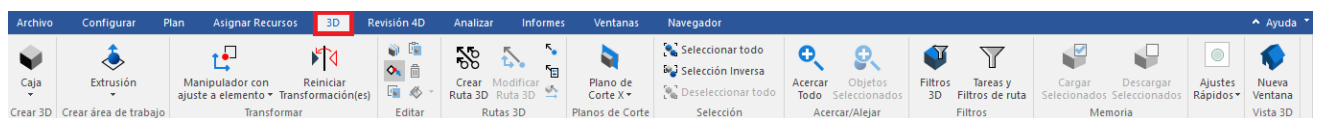
- **Plan:** esta ventana se encuentran las tareas necesarias para la planificación del proyecto como crear tareas, definir tipos de enlace, crear Líneas Base, tipos de agrupación de tarea, reprogramación, etc.



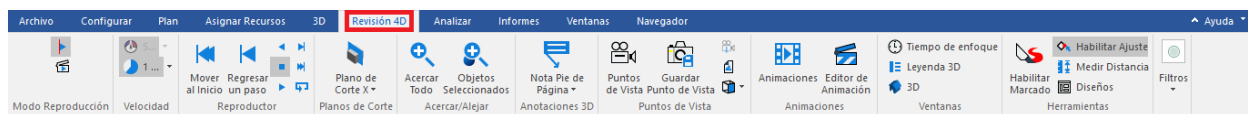
- **Asignar Recursos:** pestaña que incluye las herramientas necesarias para vincular los recursos a las tareas. Como por ejemplo definir perfiles de aspecto de los recursos, emparejar recursos a las tareas de forma automatizada, selección de recursos y filtros.



- **3D:** contiene herramientas para crear objetos 3D básicos, subdividir objetos 3D, rutas 3D, planos de corte, etc.



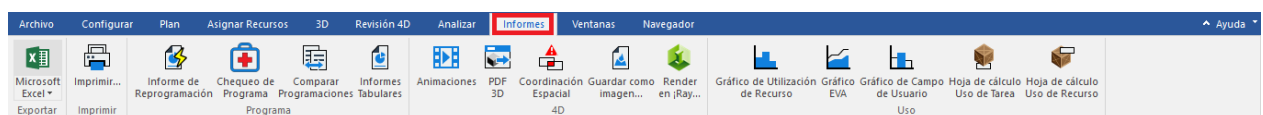
- **Revisión 4D:** incluye herramientas para realizar simulaciones 4D mediante la creación y edición de animaciones una vez asignados los recursos a las tareas.



- **Analizar:** incluye herramientas de análisis y gestión de proyectos, como la creación de campos de usuarios, coordinación espacial, comparar programaciones y gráficos para la utilización de recursos y de análisis de Valor ganado.



- **Informes:** para la extracción de datos del proyecto a Excel, PDF, video, render, gráficas e imprimir.



- **Ventanas:** se muestran las diferentes ventanas extra que se quiere incluir en el entorno de trabajo como propiedades de tareas, recursos, objetos 3D, rutas 3D, etc.



- **Navegador:** incluye la lista de paneles del Navegador de proyectos, es decir, dónde se definen las características del proyecto.



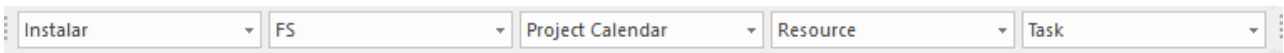
5.2.1.2 Barra de Acceso Rápido

Por defecto, esta barra tiene los iconos que representan a las funciones que se suelen usar en cualquier programa: Por ejemplo, retroceder o adelantar, abrir un archivo nuevo o imprimir. Se puede personalizar pulsando en la flecha del extremo derecho y seleccionando los comandos que se deseen.



5.2.1.3 Barra de Herramientas Rápidas

Esta barra contiene herramientas que sirven para trabajar de una manera rápida y cómoda con el programa. Por defecto, vienen activadas las denominadas **Opciones Rápidas** que incluyen: el perfil de aspecto de un recurso, el tipo de enlace entre tareas, Calendario.



También está activada la opción **Ejecutar** que incluye todas las opciones para reproducir el diagrama de Gantt y las animaciones.



También existe la opción de personalizar la barra de herramientas para incluir los comandos que más suele utilizar cada uno. Esto se puede hacer desde pulsando la flecha hacia abajo, en el caso que aparezca, en caso contrario haciendo clic derecho aparece la opción.

5.2.1.4 Panel Navegador, Recursos, Objetos 3D

- **Panel Navegador:** contiene conjunto de datos de todo el proyecto agrupados de manera lógica por las categorías que se muestra en la **Figura 51**. Por ejemplo, detalles del proyecto, filtros, códigos de actividad, puntos de vista, animaciones, etc.

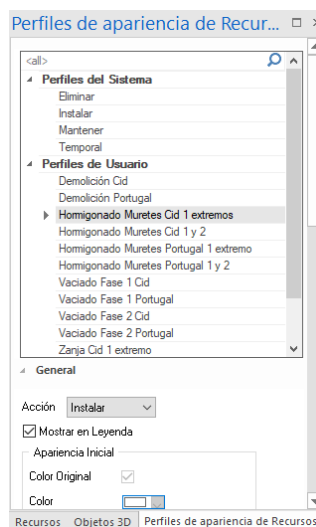


Figura 51. Panel de Perfiles de apariencia del Navegador. Fuente: Elaboración Propia.

- **Panel de objetos 3D:** contiene una lista desplegable a diferentes niveles de todos los objetos 3D que componen el proyecto y los espacios de trabajo (incluidos los importados y los creados en Synchro).

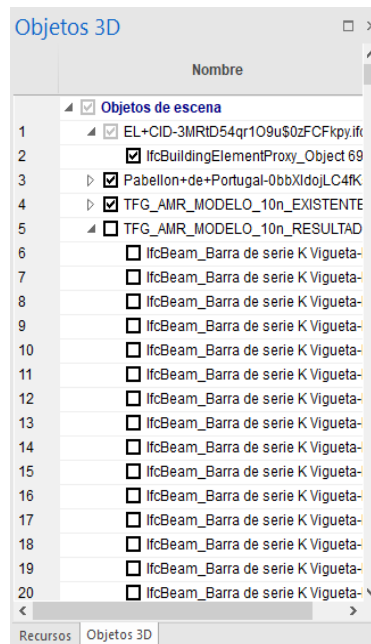


Figura 52. Panel de Objetos 3D. Fuente: Elaboración Propia.

- **Recursos:** contiene una lista desplegable a diferentes niveles de todos los recursos que existen en el proyecto (incluyendo los importados y los creados en Synchro).

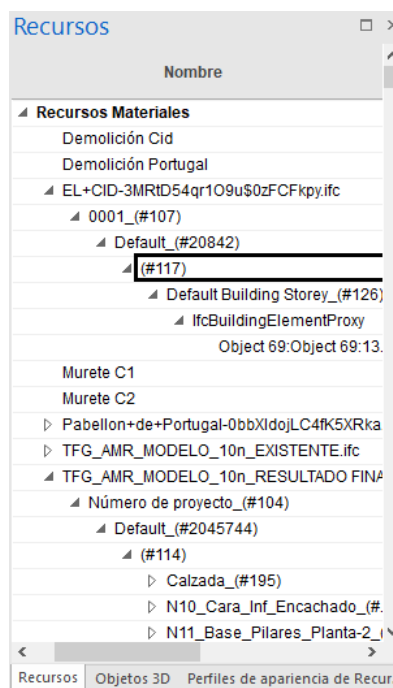


Figura 53. Panel de Recursos. Fuente: Elaboración Propia.

5.2.1.5 El Diagrama de Gantt

Esta ventana está dividida en dos partes: en su parte izquierda está situada la lista de tareas que pueden ser creadas, modificadas, vinculadas, etc. Y en su parte derecha, se encuentra el diagrama de Gantt de las tareas.

Esta ventana tiene imagen muy parecida a la de programa de planificación MS Project. Sin embargo, la forma de trabajar es relativamente diferente.

En esta ventana se utiliza la rueda del ratón para moverse sobre ella. En la parte de la parte de la izquierda, la lista de tareas, la rueda sirve para navegar por las filas de la lista. En cambio, en el diagrama de Gantt, lo que haces es ampliar o reducir la escala de tiempo.

La lista de tareas suele tener varios niveles debido a que existen tareas resumen en la nomenclatura habitual o también conocidas como tareas Padre, ya que se incluyen dentro de las mismas Como Hijo. Estos niveles de la lista pueden ser minimizados/expandidos cuanto se quiera pulsando los triángulos o pulsando clic derecho y seleccionar **Colapsar/Expandir**.

Hay algunos comandos rápidos que son útiles para navegar en la lista de tareas:

- **Shift + Flecha Izquierda:** para minimizar los grupos de tareas.
- **Ctrl + F:** para buscar cualquier actividad de la lista.

La línea discontinua roja de la ventana del diagrama de Gantt representa la línea de tiempo, la cual se puede mover provocando la simulación del orden de ejecución de las tareas en la ventana 3D.

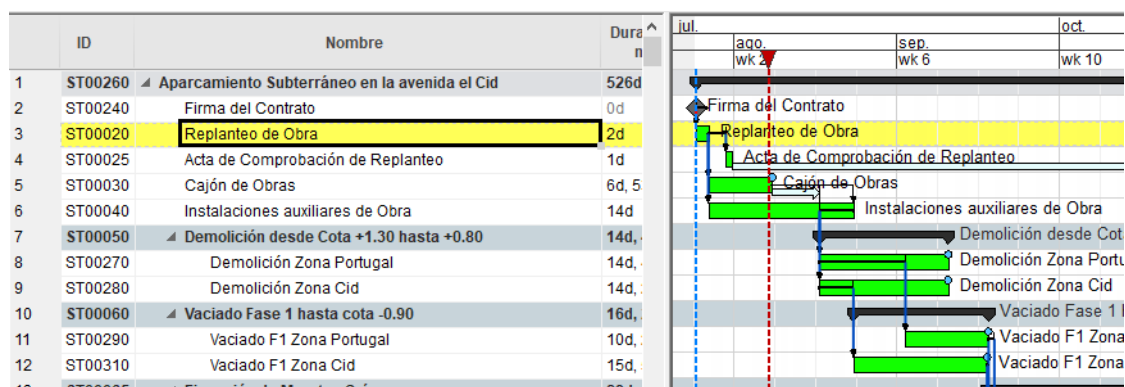


Figura 54. Entorno del Diagrama de Gantt. Fuente: Elaboración Propia.

5.2.1.6 La Ventana 3D

En esta ventana se muestran los objetos 3D que se han importado. Es importante decir que en esta ventana se ve únicamente los objetos que están programados que se vean a partir de algún instante de tiempo. En el caso que no aparecieran puede ser que todavía no se hayan construido o instalado esos objetos en esa fecha. porque estamos en un instante de tiempo diferente.

Cada programa 3D tiene sus propias funciones para navegar por su pantalla y Synchro también tiene las suyas:

- **Acercar todo:** para ajustar los objetos en la ventana cuando se ha perdido el modelo en el espacio. Existen dos formas de hacerlo:
 - Dentro de la ventana 3D, clic derecho y seleccionamos **Acercar > Acercar todo**.
 - Desde menú 3D en Acercar/Alejar se selecciona Acercar todo.
- **Rotar:** mantener pulsado el botón izquierdo del ratón sobre el punto desde donde se quiera orbitar, y mover el ratón.
- **Zoom:** es simplemente girando la rueda del ratón para acercar y alejar.
- **Mover:** mantener pulsada la rueda del ratón y mover este a la izquierda, derecha, arriba y abajo.
- **Cubo:** esta función funciona exactamente igual que en AutoCAD. Haciendo clic en las caras del cubo y la vista girará a ese punto de vista, o haciendo clic en los vértices o aristas del cubo para ver el modelo desde el punto de vista deseado. Si no aparece el cubo en la pantalla, nada más hay que irse a la ventana de propiedades de Vista 3D que está situada en la parte derecha de la pantalla y seleccionar **Indicador de ejes**.
- **Seleccionar:** para seleccionar un objeto de la ventana 3D simplemente hay que hacer clic izquierdo en este. Para deseleccionarlo basta con clic izquierdo de nuevo sobre él.
También existe la posibilidad de hacer la selección por grupo de objetos a través de una ventana de selección pulsando la tecla *Mayúscula* o *Ctrl* y el botón izquierdo y moviendo el ratón. Dependiendo de la dirección en la que se dibuje la ventana la selección se hará de una forma u otra.

De arriba abajo: Se seleccionan todos los objetos que están dentro de la ventana de selección y todos los que tocan que sean visibles.

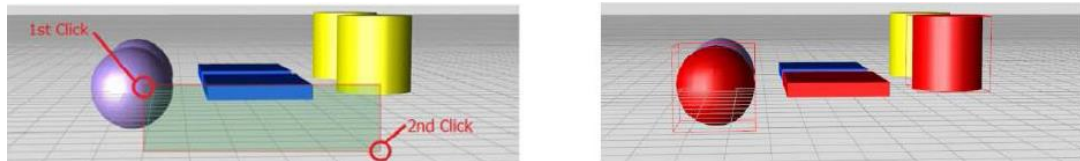


Figura 55. Selección de arriba abajo. Fuente: S.F. Gabarró, “Planificación 4D con Synchro PRO”.

De derecha a izquierda y de abajo a arriba: se seleccionan todos los objetos.

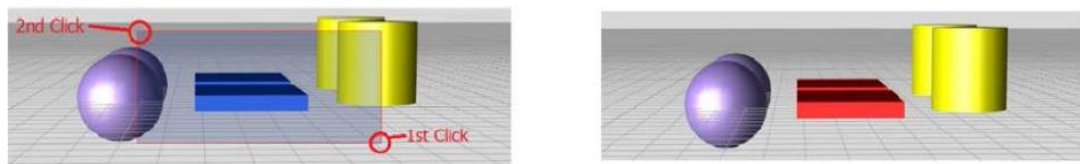


Figura 56. Selección de abajo a arriba. Fuente: S.F. Gabarró, “Planificación 4D con Synchro PRO”.

Para cancelar la selección basta con seleccionar en cualquier lugar dentro de la ventana 3D y pulsar la tecla ESC.

También se pueden elegir una serie de preferencias para que aparezcan en la ventana, como por ejemplo la rejilla, la leyenda y la ruta 3D, pulsando botón derecho en la ventana 3D y seleccionado **Indicadores Visuales** o en las propiedades de vista 3D como se hacía para visualizar el indicador de ejes. Otra preferencia es cambiar el color del fondo de la pantalla en el menú **3D** seleccionado **Ajustes Rápidos > Vista seleccionada fondo**.

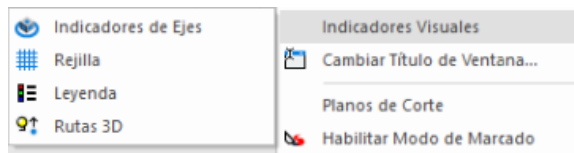


Figura 57. Preferencias de la Ventana 3D. Fuente: Elaboración Propia.

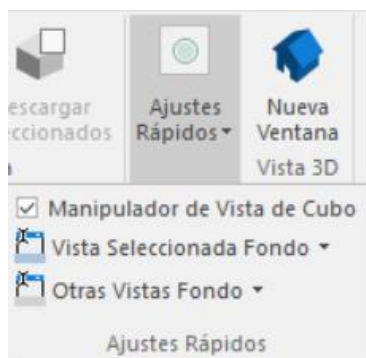


Figura 58. Ajustes Rápidos. Fuente: Elaboración Propia.

5.2.1.7 Ventana de Propiedades

5.2.1.7.1 Propiedades de Tareas

Contiene datos específicos relacionados con las tareas seleccionadas incluyendo el estado de las tareas, los recursos que se le han asignado y los costes presupuestados.

5.2.1.7.2 Propiedades de Recursos

Contiene datos específicos relacionados con los recursos seleccionados incluyendo costes, documentos, tareas a las que se le han asignado y Campos de usuarios.

5.2.1.7.3 Propiedades de Objetos 3D

Contiene los datos relacionados con la ventana 3D: planos de corte, filtros de visibilidad en esa ventana, anotaciones 3D, etc.

5.2.1.7.4 Propiedades de vista 3D

Contiene todo lo relacionado con la ventana 3D como puede ser los filtros 3D, Planos de corte, anotaciones, rejillas, etc.

5.2.2 Interoperabilidad de Synchro PRO

5.2.2.1 Interoperabilidad con herramientas CAD/BIM

Syncho PRO permite la importación de una gran cantidad de archivos de modelos 3D como pueden ser DWG, DWF, FBX, DGN, SKP, 3D PDF o IFC. Se pueden importar múltiples archivos al mismo proyecto de Synchro. Los formatos de archivos que pueden ser importados por Synchro son:

AutoCAD DWG	*.dwg
AutoCAD DXF	*.dxf
Autodesk DWF	*.dwf; *.dwfx
Autodesk FBX	*.fbx
Bentley Microstation	*.dgn
Bentley Microstation (SS2, SS3)	*.spx (via Bentley Plug-in)
Collada DAE	*.dae
HOOPS stream file	*.hsf
Revit (2014, 2015)	*.spx (via Revit Plug-in)
Navisworks NWD, NWF, NWC (2015)	*.spx (via Navisworks Plug-in)
Trimble SketchUp (v7, v8, 2013, 2014, 2015)	*.skp
3D PDF	*.prc; *.pdf
ACIS Files	*.sat; *.sab
Autodesk Inventor Files	*.ipt; *.iam
CATIA V4 Files	*.model; *.session; *.exp; *.dlv
CATIA V5 Files	*.catpart; *.catproduct; *.catdrawing; *.catshape; *.cgr
Dassault Interchange Format Files	*.3dxml
I-dea Files	*.mf1; *.arc; *.unv; *.pkg
IGES Files	*.igs; *.iges
ISO-15926	*.xml
Parasolid Files	*.x_t; *.x_b; *.xmt_txt; *.xmt_bin
ProE/Creo Files	*.prt; *.prt.*; *.asm; *.asm.*; *.neu; *.xas; *.xpr
Rhino Files	*.3dm
Siemens NX Files	*.prt
Solid Edge Files	*.asm; *.par; *.pwd; *.psm
SolidWorks Files	*.sldprt; *.sldasm
STEP Files	*.stp; *.step
Stereo Lithographic Files	*.stl
UGS JT	*.jt
Universal 3D Files	*.u3d
VDA-FS Files	*.vda
VRML Files	*.wrl; *.vrmf

Tabla 16. Formatos de importación de Synchro PRO. Fuente: Manual de Synchro PRO 2017

Además de estos formatos, existen plugins que pueden ser descargados en la web de Synchro para convertir modelos de Navisworks (NWC, NWD, NWF), Revit (RVT) y Bentley AECOSim o Microstation (i-model y DGN) a formato Synchro (SPX) [51].

5.2.2.2 Interoperabilidad con herramientas de planificación

Como se ha mencionado anteriormente, Synchro permite importar la planificación realizada en otros programas y editar las opciones de visualización del diagrama de Gantt, así como asociárselo a modelo 3D.

Se pueden importar datos de planificación de los siguientes programas:

- Synchro PRO y Synchro Scheduler (extensión de archivo. SP de cualquier otro proyecto)
- Asta PowerProject
- Microsoft Project XML
- PMA NetPoint
- Primavera P3
- Primavera P6
- IFC
- Microsoft Excel

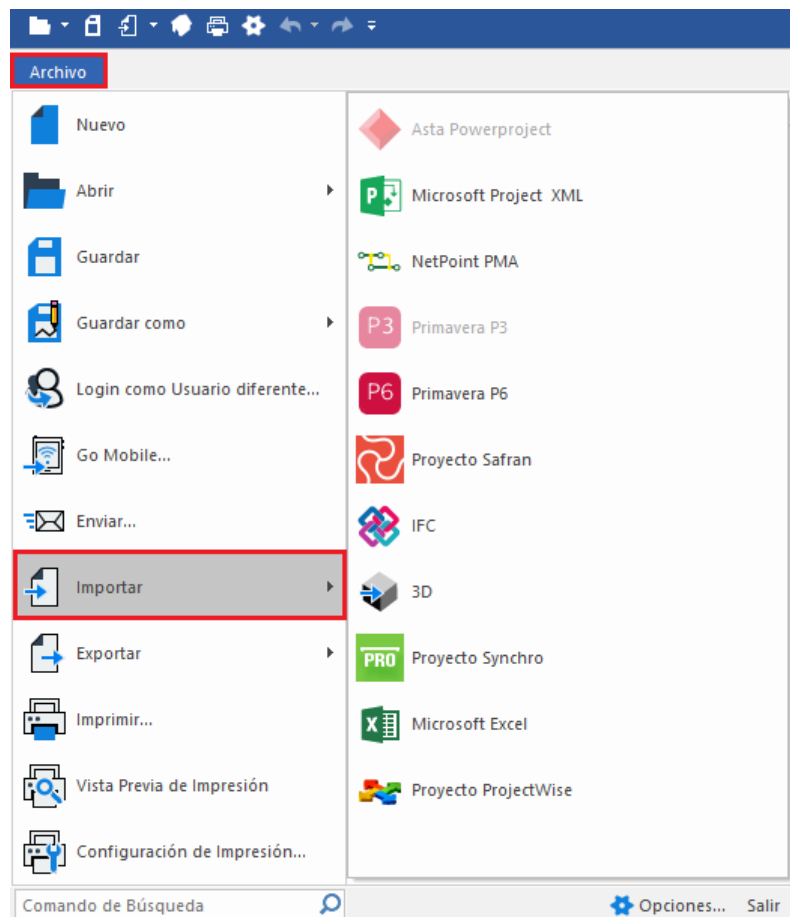


Figura 59. Posibilidades de Importación de Synchro. Fuente: Elaboración propia.

Si el proyecto en el que está basado este documento tuviera un archivo de MS Project con la planificación de la obra, hubiera sido muy útil, ya que simplemente se hubiera importado los datos de planificación y se le hubiera asociado el modelo 3D.

En este caso no se realizó o no se ha transferido esa información por lo que se va a planificar directamente desde Synchro Pro bajo el motor de Synchro Scheduler.

5.2.2.3 Interoperabilidad con herramientas de presupuestos

La interoperabilidad de Synchro PRO con una herramienta de presupuestos como puede ser Presto, es posible debido a que esta última permite la exportación de la planificación en formato .xml, mismo formato que puede ser importado por Synchro PRO.

Esta interoperabilidad puede ser útil en el caso que se realice una planificación sencilla basada en el presupuesto y sirva de base para la posterior planificación, más compleja y exacta, realizado por la herramienta Synchro Scheduler.

Finalmente, el caso de estudio no se va a introducir la disciplina 5D de la Metodología BIM, ya que se pretende dejar como futuras líneas de trabajo.

5.3 Preparación del Proyecto Synchro

Como se ha mencionado anteriormente, Synchro tiene la posibilidad de importar archivos en formato DWG directamente. Por tanto, la idea más directa es aplicar esta ventaja al caso de estudio.

El procedimiento consiste en la importación del archivo del modelo 3D realizado en AutoCAD, llamado AparcamientoSubterráneoCid3D_8 directamente desde AutoCAD y posteriormente vincular la planificación de cada uno de los objetos 3D del modelo.

Para importar el archivo hay que dirigirse al menú **Archivo > Importar > 3D** y se selecciona el archivo en lugar dónde se encuentra guardado.

A continuación, aparece un cuadro de diálogo de importación 3D, en el que se ha seleccionado **Siguiente** con la configuración por defecto. El último paso se seleccionar **Import**.

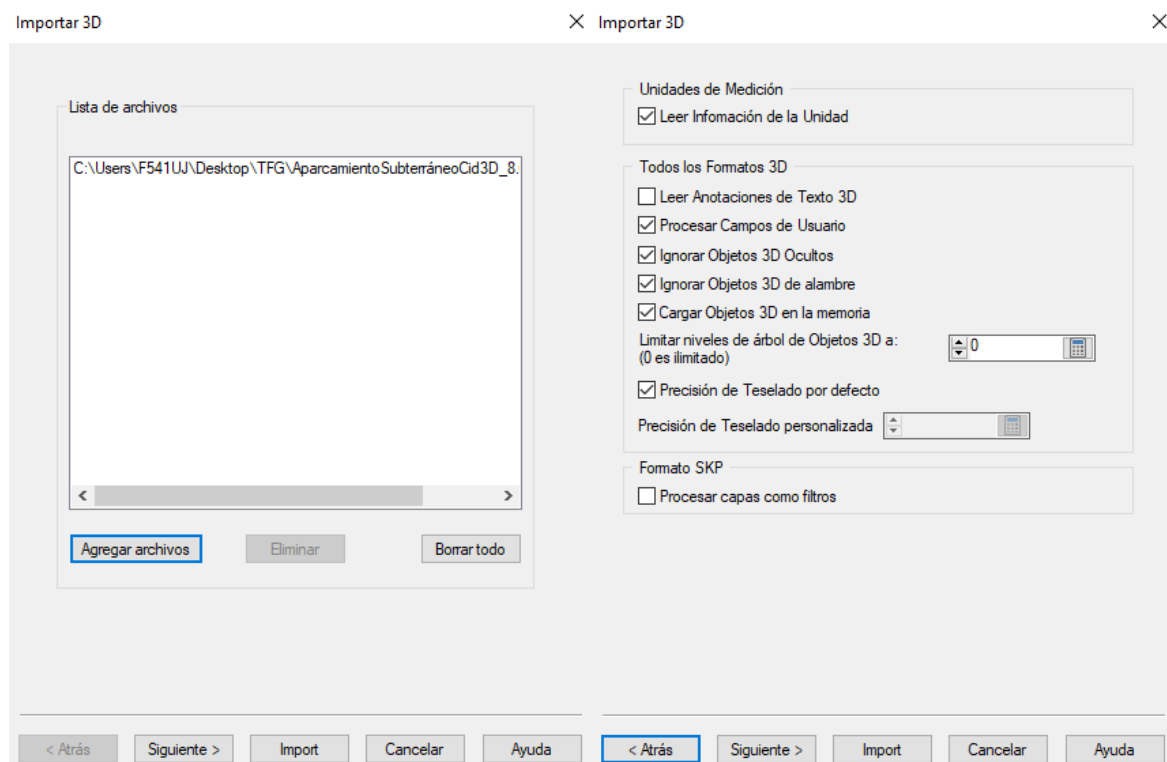


Figura 60. Seleccionar “Siguiente” en los dos primeros pasos. Fuente: Elaboración Propia.

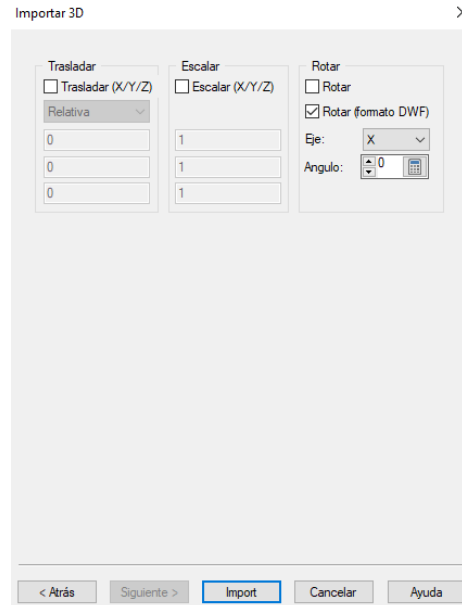


Figura 61. Seleccionar “Import” en el último paso. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez que se ha importado el archivo aparece un cuadro de diálogo, llamado **Asistente de Recursos**, en el cual hay que elegir si se le asigna un nuevo recurso al modelo. La diferencia entre ambas opciones es que en la primera los recursos van a ser automáticamente asignados por el programa y en la segunda, los recursos van a ser asignados de forma manual. Se elige la primera de las opciones porque se así se comenten menor errores de asignación.

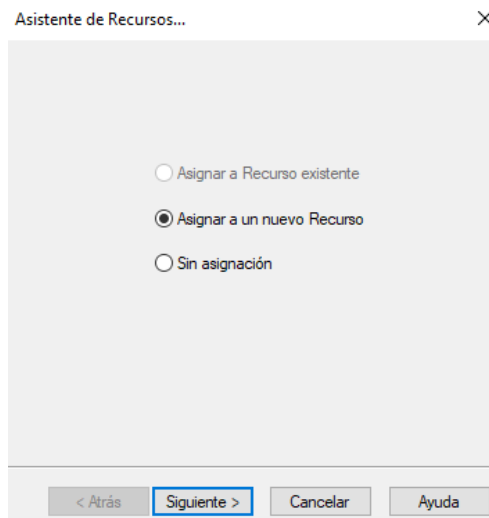


Figura 62. Cuadro “Asistente de Recursos”. Fuente: Elaboración Propia.

El nuevo recurso tiene que tener asociado una Compañía (empresa), que suele ser la empresa que ha realizado el modelo. En este caso se va a elegir Nueva Compañía porque en esta ocasión no es demasiado importante, ya que este caso de estudio es meramente académico.

El nombre que se le va a introducir es el que trae por defecto el archivo y el recurso va a ser de tipo material, ya que representan objetos materiales en la realidad. También existen los recursos de tipo Humano, Equipo y Espacio.

Figura 63. Datos del Nuevo Recurso. Fuente: Elaboración Propia.

Tras introducir los datos existen cuatro alternativas de estructuración de recursos, como se puede observar en la **Figura 64**:

Figura 64. Alternativas de Creación de Recursos. Fuente: Elaboración Propia.

- **Asignar a este Recurso. No construir un árbol:** si es seleccionada esta opción, cada uno de los objetos que componen al modelo del aparcamiento se van a agrupar en un único recurso, quedando su selección individual inutilizada. Esta opción queda totalmente descartada, ya que es importante tener el modelo lo más desglosado posible para poder planificarlo.

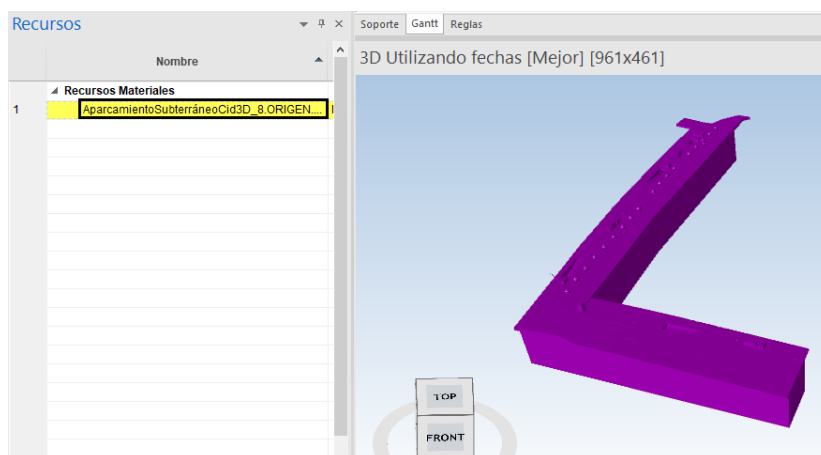


Figura 65. Resultado de la opción “Agregar Recursos debajo. No construir un árbol”. Fuente: Elaboración Propia.

- **Agregar Recursos debajo. No construir un árbol:** con esta opción se introducido un único recurso debajo del recurso creado, consiguiéndose el mismo resultado que en el caso anterior. Por tanto, esta opción es descartada al igual que la anterior.

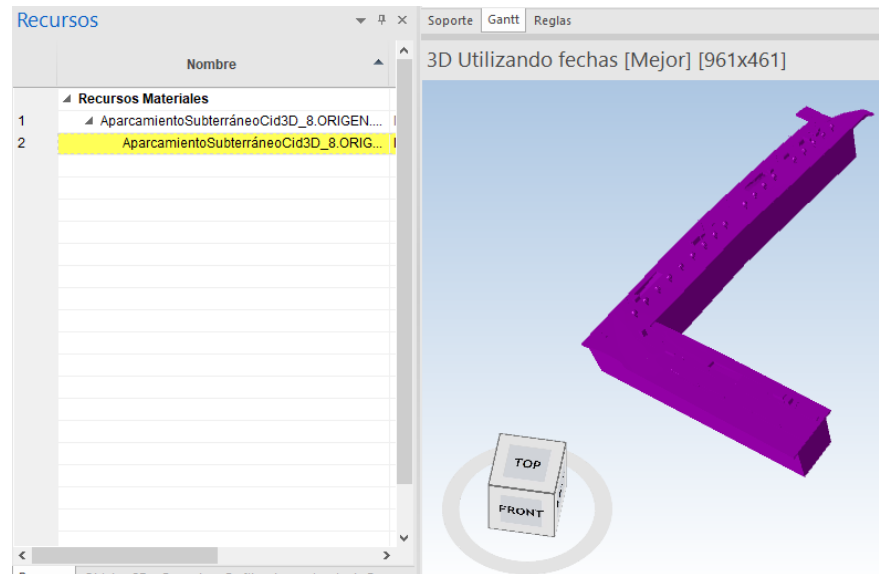


Figura 66. Resultado de la opción “Agregar Recursos debajo. No construir un árbol”. Fuente: Elaboración Propia.

- **Asignar a este Recurso, construir árbol:** esta opción introduce una estructuración de recursos por niveles de mayor a menor llegando a la asignación de cada objeto 3D un recurso 3D como se puede observar en la **Figura 67**. Esta opción se considera la más apropiada para la planificación de las obras, ya que se pueden introducir tareas prácticamente por cada elemento del modelo.

Es importante mencionar que la profundidad máxima del árbol de recursos marca el número de niveles que se quiere alcanzar en la estructuración. Concretamente, el número cero indica que el número de niveles es infinito.

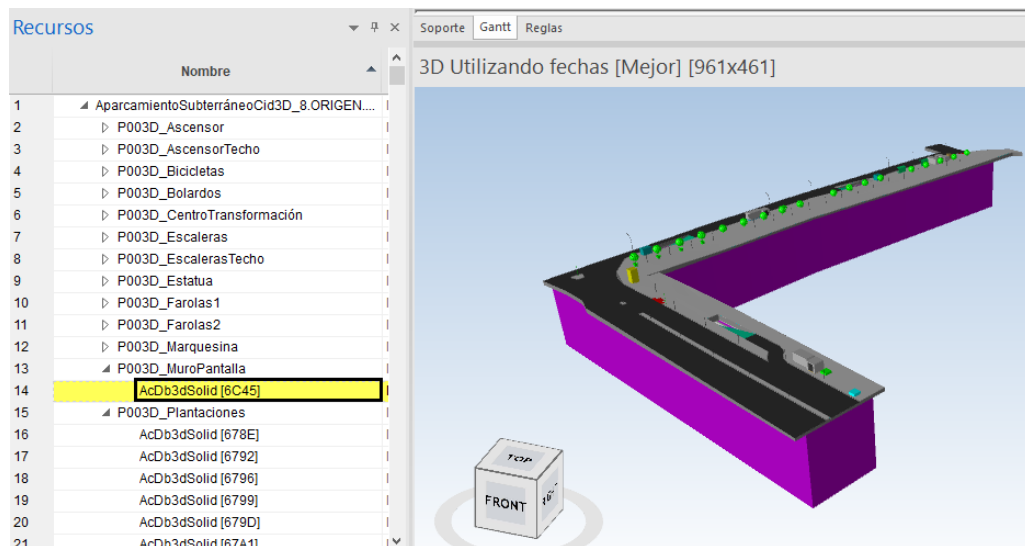


Figura 67. Resultado de la opción “Asignar a este Recurso, construir árbol”. Fuente: Elaboración Propia.

- **Agregar Recursos debajo, construir árbol:** con esta opción se consigue el mismo resultado que en la anterior, pero introduciendo un nivel intermedio medio más que no cumple ninguna función concreta.

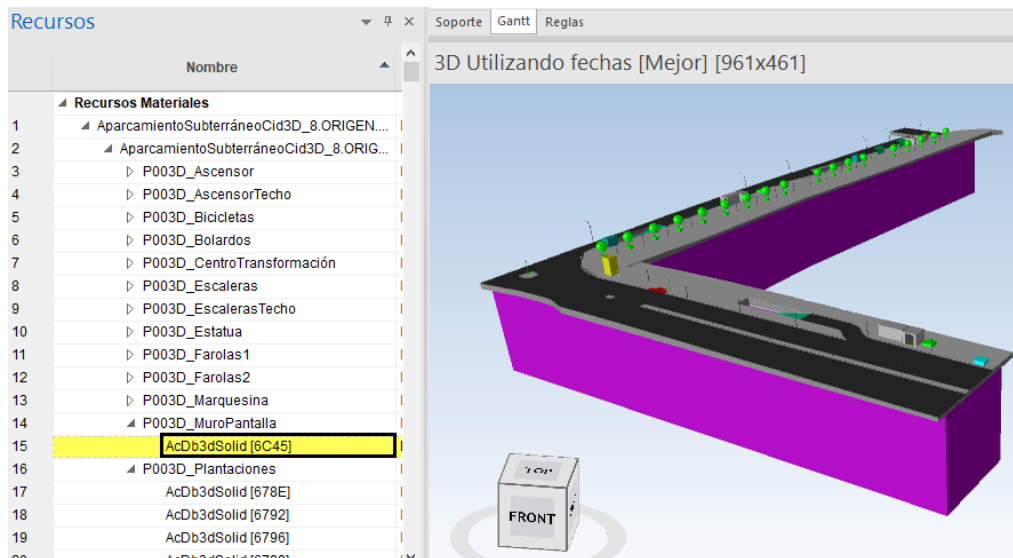


Figura 68. Resultado de la opción “Agregar recursos debajo, construir árbol”. Fuente: Elaboración Propia.

De todas las opciones que se han mencionado, se ha concretado que la más adecuada para la planificación de la obra es la tercera de ellas, **“Asignar a este Recurso, construir árbol”**, marcando la profundidad de nivelación en infinito para intentar conseguir el mayor desglose posible del modelo.

Con la opción de importación elegida, se ha procedido a realizar un pequeño análisis de la viabilidad real para la planificación del modelo. En dicho análisis se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- El modelo 3D del aparcamiento representa el resultado final de la obra, dejándose atrás a la hora de planificar el estado inicial del modelo.
- Se ha conseguido el nivel de desglose deseado en la estructuración de los recursos, pero dichos recursos no tienen el nivel de detalle deseado debido a la falta de información en las propiedades.
- Los recursos como el firme, el acerado y el muro pantalla no están perfectamente detallados como para conseguir una futura secuencia lógica de ejecución de la obra, como se puede observar en la **Figura 67** y la **Figura 69**.

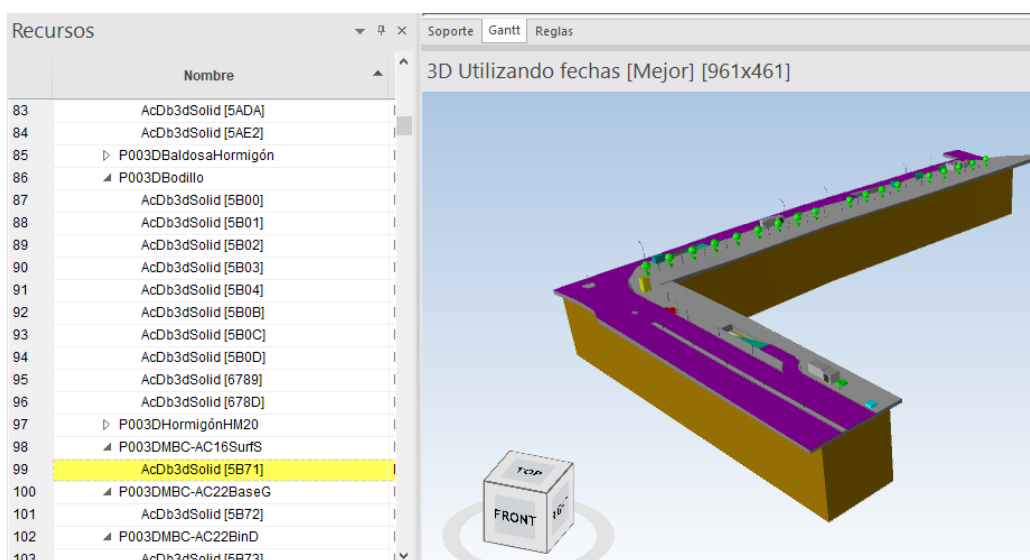


Figura 69. Selección del Firme en el modelo. Fuente: Elaboración Propia.

- Todo el proceso de excavación de zanjas, pantallas y vaciado no puede ser representado en la planificación debido a la falta de recursos 3D que lo caractericen.
- Los recursos que se han creado con la importación carecen de las propiedades de los objetos 3D que se han realizado.

Debido a las conclusiones que se han obtenido en el proceso de análisis del modelo importado, se ha decidido realizar el modelo BIM 3D con el software Revit con el objetivo de conseguir un nivel de detalle alto en cuanto al planificación se refiere- El modelo que se ha importado no deja de ser una combinación de elementos 3D colocados estratégicamente sin ninguna información sobre las características de los mismos. Y por lo tanto, si se siguiera hacia delante con este proceso, se perdería la parte más importante de las siglas que dan nombre a esta metodología, es decir, la I de Información.

5.3.1 Modelo de Revit

Como consecuencia del apartado anterior, se procede a la realización de un modelo BIM 3D con el software Revit. En concreto, se ha elegido Revit por ser un software especializado para este tipo de modelos y por el entendimiento con la mayoría de las herramientas BIM, a parte de ser el más accesible para los estudiantes de la Universidad de Sevilla

Es importante tener siempre presente como se va a planificar la obra para que el modelado BIM 3D se ajuste lo mejor posible a la realidad de la ejecución de la obra. Teniendo en cuenta este aspecto, se consiguen introducir parámetros y distribuciones de elementos concretos para la planificación desde el modelo original sin tener que realizar posteriores modificaciones, aunque esto no es siempre posible.

El proceso de modelado, y las características más importantes que se han tenido en cuenta, se encuentra recogido en el **ANEJO 2. MODELADO 3D EN REVIT**. En dicho anejo, y en el posterior **ANEJO 3. FAMILIAS CREADAS**, se pretende exponer las diferentes herramientas y técnicas que se han utilizado para conseguir un modelo de aparcamiento subterráneo que se adapte, por un lado, al proyecto que de referencia; y, por otro lado, a la realidad.

5.3.2 Importación del Modelo de Revit a Synchro

En este apartado se pretende explicar el proceso de exportación y posterior importación del archivo para poder planificar la obra de la infraestructura nodal-

Es importante saber exactamente como está realizado el proyecto de Revit y que se quiere conseguir de este para la futura planificación, ya que en el proceso de exportación se van a definir una serie de opciones que van a marcar el nivel de idoneidad del modelo.

Una vez acabado el modelo el software de modelado BIM 3D, hay que llevárselo a Synchro PRO para realizar la planificación BIM4D. El camino más directo es el plugin, anteriormente mencionado, que permite exportar el modelo de Revit (.rvt) a un archivo Synchro (.spx). Este plugin puede ser descargado directamente desde la web de Synchro <https://www.synchro ltd.com/plugins/>.

Con este tipo de complementos, la empresa que distribuye Synchro, está contribuyendo a la interoperabilidad entre estas dos herramientas, permitiendo además el tratamiento de los datos que se quieren exportar a Synchro. Por tanto, se considera el método más recomendado para transferir los datos entre las distintas herramientas.

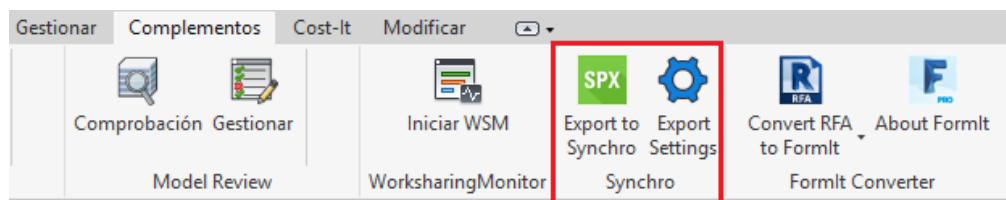


Figura 70. Ubicación del plugin de exportación a Synchro. Fuente: Elaboración Propia.

Lamentablemente, el modelo de Revit está realizado en la versión 2019 y la versión que se ha podido adquirir de Synchro PRO es la 2017, mostrándose la incompatibilidad directa entre estas versiones. Una vez exportado el modelo en formato .spx, se ha mostrado un mensaje de error cuando se ha intentado abrir desde Synchro PRO. En la **Figura 71** se muestra el mensaje de error por incompatibilidad de versiones de los softwares.

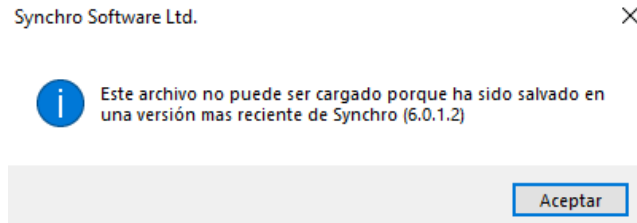


Figura 71. Mensaje de error por incompatibilidad de versiones Revit-Synchro. Fuente: Elaboración Propia.

Como alternativa se ha considerado transferir el modelo a través del formato estándar de intercambio IFC, que consigue resultados aceptables, aunque en líneas posteriores se comentará que dispone una serie de limitaciones que ponen en cuestión este formato de intercambio estándar para cuando su uso es aplicado a Revit.

La exportación de un archivo de Revit a un archivo de IFC se realiza a través del menú de Revit **Archivo > Exportar > IFC** como se puede observar en la **Figura 72**.

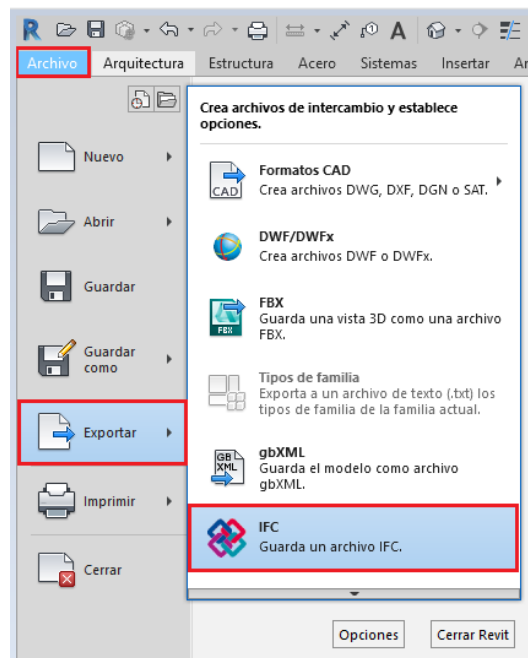


Figura 72. Proceso de importación del modelo IFC. Fuente: Elaboración Propia.

Consecuentemente, se genera un menú en el que se establecen los criterios que va a tomar el programa para realizar la exportación. También se elige la opción de la versión del IFC que se quiere originar. Lo más recomendable es escoger la opción **<Configuración en sesión>** y revisar la configuración de exportación a través de **Modificar configuración** como se puede observar en la **Figura 73**. Si se escogiera algunas de las versiones establecidas, se establecería la configuración por defecto de cada una de ellas sin poder modificarlas.

Este paso es muy importante porque dependiendo de las opciones que se escojan se conseguirá un modelo IFC con mayor o menor detalle según el tratamiento que se le vaya a realizar posteriormente.

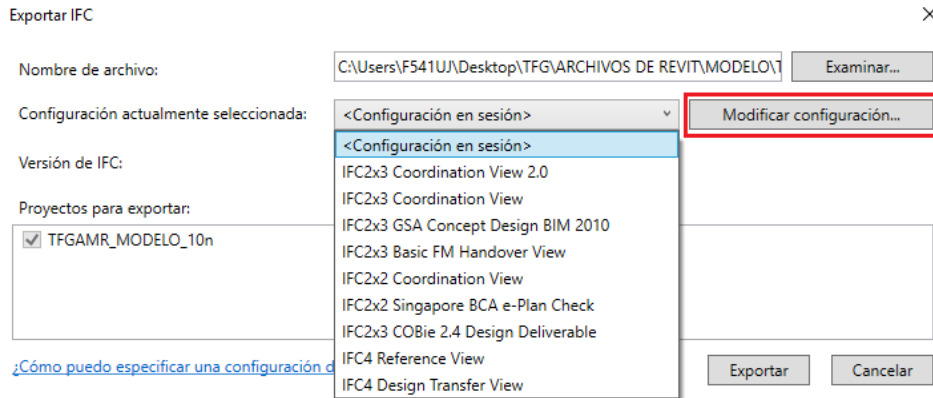


Figura 73. Menú de exportación a IFC. Fuente: Elaboración Propia.

Tras haber realizado un proceso de análisis riguroso de cada una de las versiones de IFC que ofrece la exportación en Revit, se ha decidido escoger la opción **IFC2x3 Coordination View Configurar** dentro de la pestaña **Modificar Configuración** por dos motivos:

- Es la única capaz de transferir todos los objetos 3D que se han modelado debido a que en las otras Synchro no ha sido capaz de importarlos.
- Es la versión de que está certificada desde hace tiempo y ha sido probada y recomendada por muchos profesionales del sector.

La configuración que se ha modificado ha sido en las cuatro primeras pestañas (General, Contenido adicional, Conjunto de propiedades y Nivel de detalle), dejando la pestaña Avanzada sin seleccionar ningún opción. Las opciones seleccionadas se exponen en las siguientes figuras:

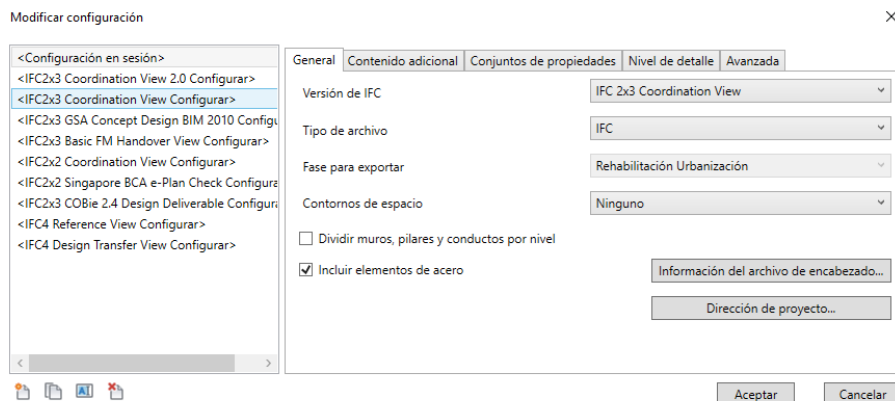


Figura 74. Configuración de la pestaña “General”. Fuente: Elaboración Propia.

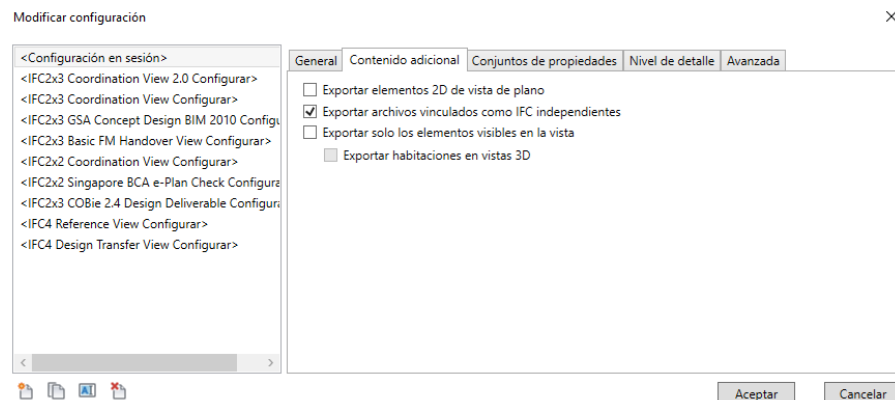


Figura 75. Configuración de la pestaña “Contenido adicional”. Fuente: Elaboración Propia.

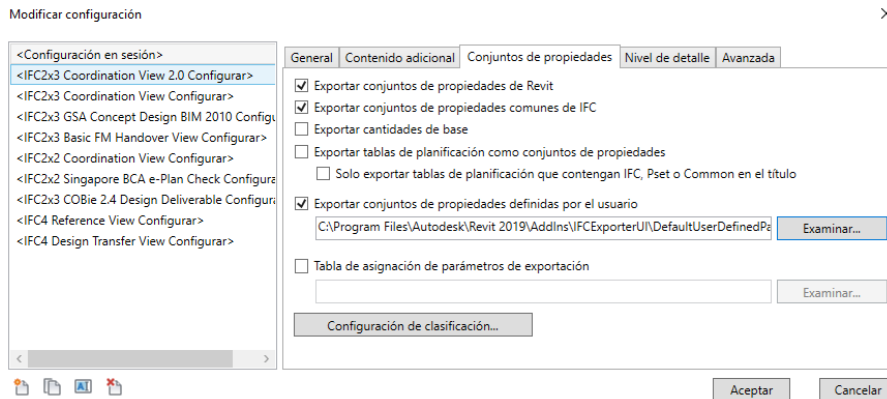


Figura 76. Configuración de la pestaña “Conjunto de Propiedades”. Fuente: Elaboración Propia.

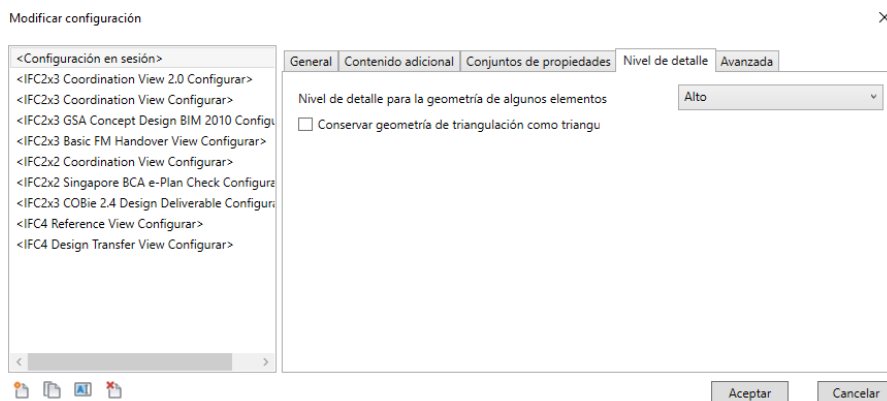


Figura 77. Configuración de la pestaña “Nivel de detalle”. Fuente: Elaboración Propia.

Una de las opciones que se ha escogido es “Fase para exportar”. Esta opción es la más importante, ya que el modelo se ha realizado por fases, véase Anejo 2. Modelado 3D en Revit.

En el caso de estudio se ha realizado la exportación mediante dos fases diferentes, generándose dos archivos IFC diferentes:

- TFG_AMR_MODELO_10n_EXISTENTE: en el que se muestra el emplazamiento del aparcamiento en la actualidad y las fases de excavación que se van a realizar.
- TFG_AMR_MODELO_10n_RESULTADO FINAL: en el que se muestra el resultado final de la estructura del aparcamiento y la nueva obra de urbanización de los exteriores.

Una vez realizado el proceso de exportación en Revit, el siguiente paso es la importación de los modelos IFC en Synchro a través de **Archivo > Importar > IFC**. Como se puede observar en la **Figura 78** y la **Figura 80**, se ha transferido una importante cantidad de campos de usuario (propiedades) de cada uno de los objetos a Synchro, mejorando el trasvase de información respecto al proceso de importación realizado en el apartado anterior.

El resultado final de la importación de ambos archivos IFC se puede observar en la **Figura 79** y la **Figura 80**.

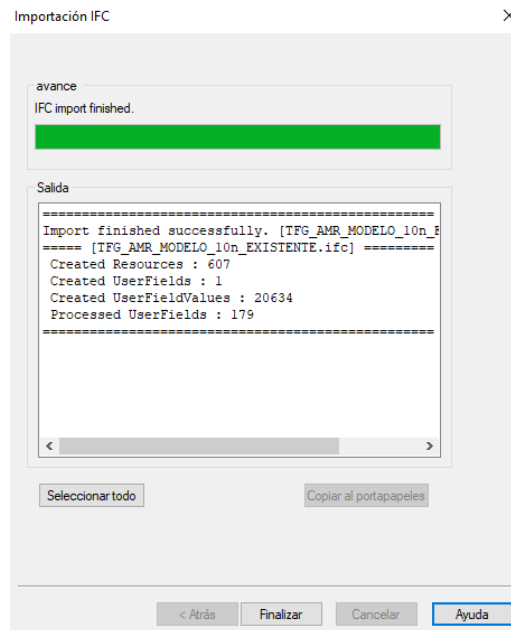


Figura 78. Informe de importación del modelo “Existente”. Fuente: Elaboración Propia

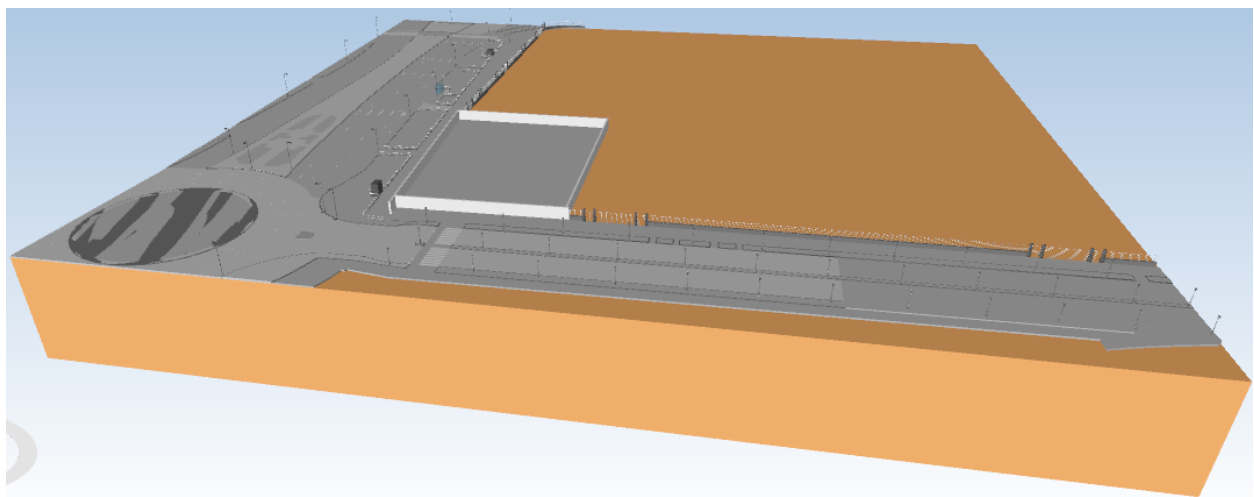


Figura 79. Resultado de la importación del archivo “Existente”. Fuente: Elaboración Propia.

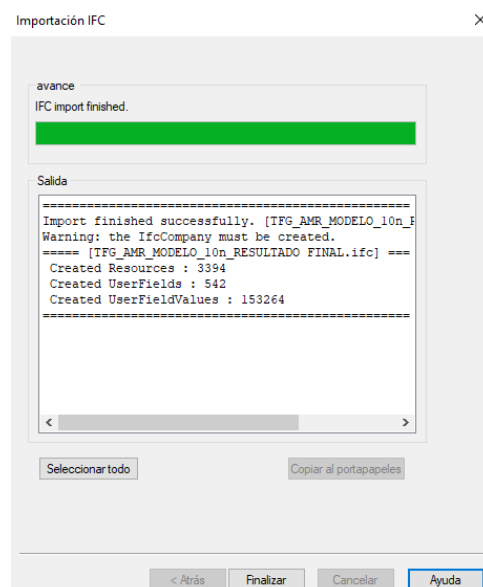


Figura 80. Informe de importación del archivo “Resultado Final”. Fuente: Elaboración Propia.

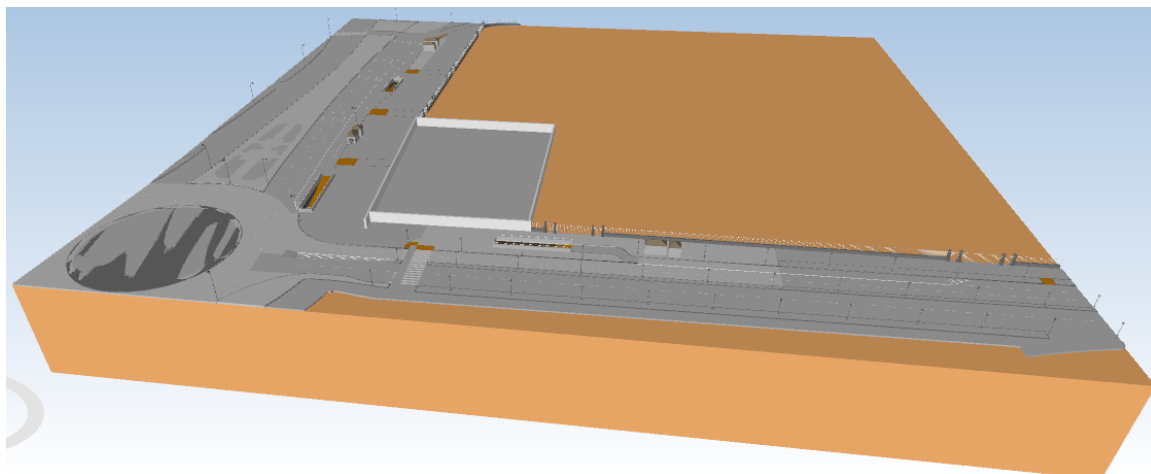


Figura 81. Resultado de la importación del archivo “Resultado Final”. Fuente: Elaboración propia.

Se ha procedido a revisar la cantidad de objetos que se han trasferido y se ha descubierto que no se han importado el monumento al Cid Campeador y el pabellón de Portugal. Este inconveniente no va a interferir en la planificación, pero si afecta a la estética del emplazamiento. Para poder solucionar esta cuestión se ha procedido a importar los archivos que se habían utilizado en el modelo de Revit. La única forma de introducir en Revit estos archivos de Sketchup era a través del formato IFC, perdiéndose las texturas originales. Sin embargo, en esta ocasión si se ha podido conseguir las texturas gracias a la importación en Synchro a través del formato FBX, un formato menos inteligente en cuanto a parámetros pero que conserva mejor el aspecto de los objetos 3D.

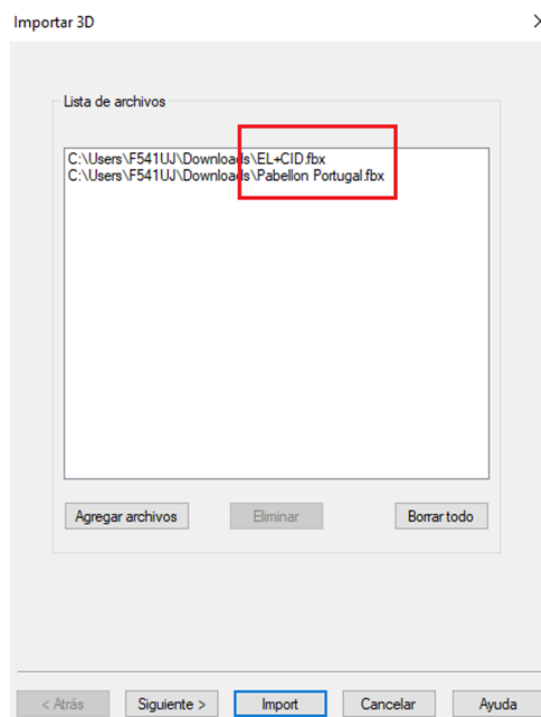


Figura 82. Importación de los dos archivos que faltan. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez realizada la exportación se ha obtenido un modelo en el que se incluyen todos los elementos que se van a introducir en la planificación de la obra. Sin embargo, se ha destapado una de las carencias de la importación a IFC, ya que las texturas de los materiales no son transferidas quedando como resultado un modelo con falta de texturas y colores que hacen que se haga prácticamente indistinguible cada uno de los elementos.

Para conseguir el resultado deseado se ha considera cambiar los colores en el programa de planificación. Esta es una medida de “emergencia” ya que no es lo habitual. Con este proceso se definen los materiales o mejor dicho, los colores de los materiales dos veces, perdiendo fluidez de trabajo en los diferentes procesos, dedicándole tiempo a temas que no son de las competencias de planificador.

Para cambiar el color de los objetos 3D basta con seleccionar los que quieren ser cambiados, pulsar botón derecho en la ventana 3D y seleccionar **Editar > Color**, abriéndose un menú como el que se muestra en la **Figura 83**. Este menú se puede elegir entre una gran cantidad de gama de colores e incluso crearlos. En el caso de la figura inferior se ha cambiado el color de las zonas verdes.

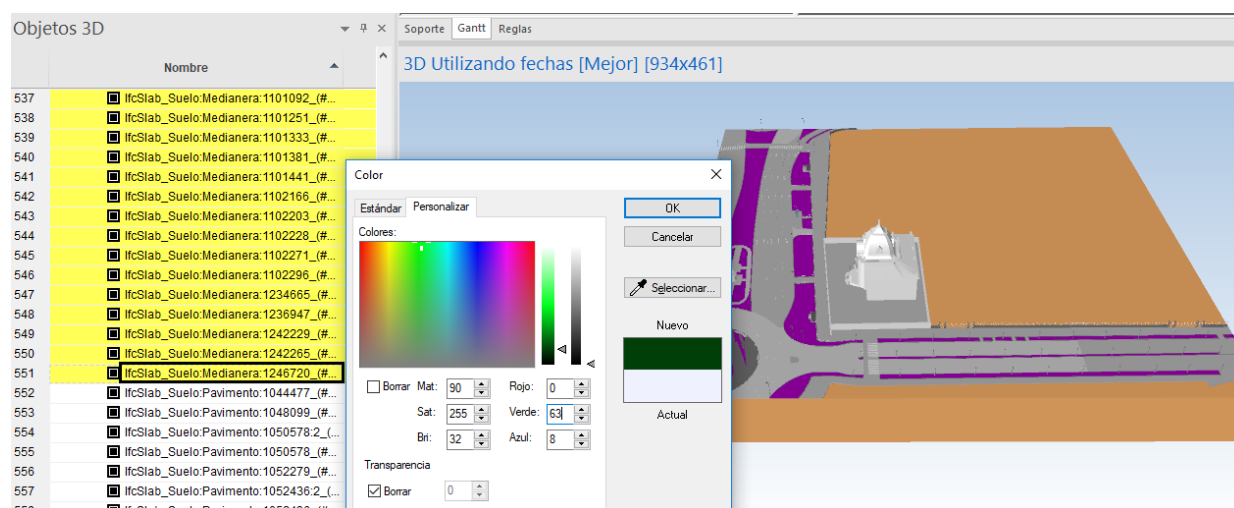


Figura 83. Cambio de colores de los Objetos 3D que se han importado. Fuente: Elaboración Propia.

Este proceso se realiza para todos los objetos 3D que no concuerden con la realidad que se ha proyectado. El resultado final de las modificaciones se muestra en la **Figura 84**, como se puede observar se ha conseguido dotar a los objetos 3D de unos colores coherentes con sus materiales.

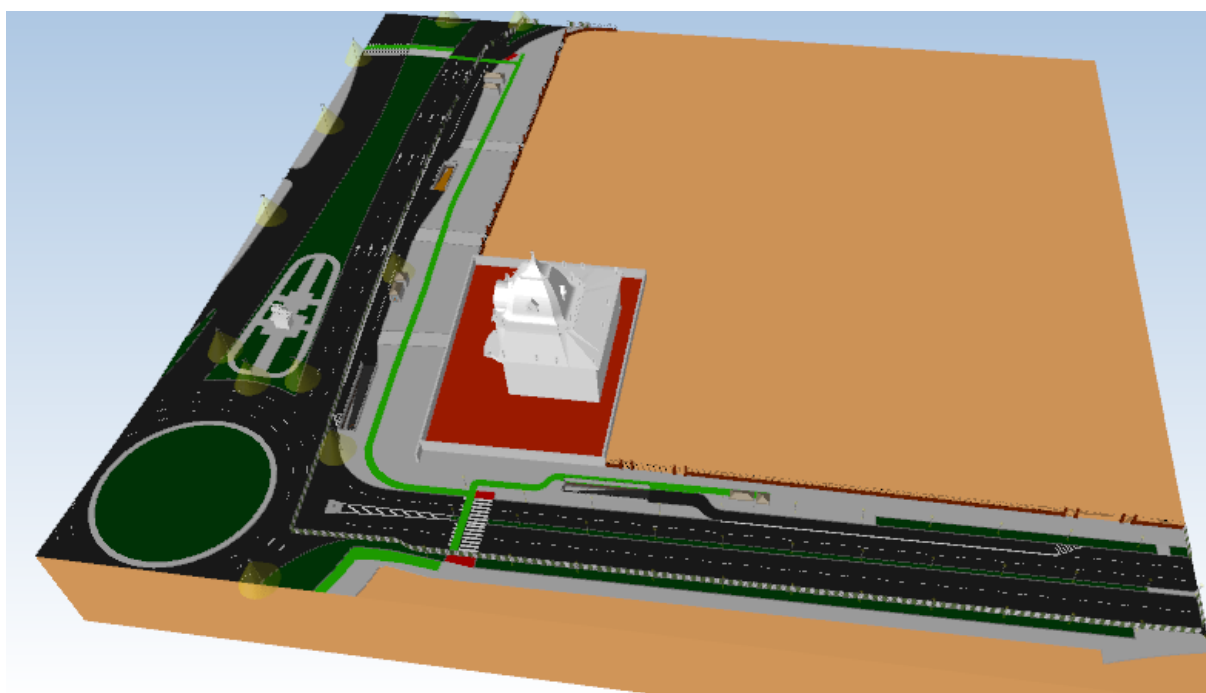


Figura 84. Aspecto del archivo “Resultado Final” tras el cambio de colores. Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, a modo de resumen de este apartado, se exponen las carencias que se han encontrado en el proceso de exportación e importación del modelo del aparcamiento:

- Hay que tener en cuenta las versiones con las que se van a trabajar si se quiere realizar el método directo de transferencia de datos porque si no hay que realizarlo a través del formato IFC.
- La importación a Synchro PRO de un archivo IFC que se ha generado en Revit no termina de realizarse a la perfección, ya que las texturas y los colores de los materiales no pueden ser transferidas. Como consecuencia de esto, el planificador de obras tiene que dedicar parte de su tiempo a realizar modificaciones de diseño visual que no le corresponden.
- La exportación a IFC tiene que ser realizada por fases, concretamente, por los filtros de fase que tenga activos la vista 3D que se tenga abierta en el momento de exportación. Las fases deberían ser un parámetro que se transfiriera con el archivo IFC, y así no tener que realizar un archivo IFC por cada una de las fases.

5.3.3 Propiedades Generales

Una vez abierto el archivo de proyecto de Synchro que se va a trabajar, es importante personalizar algunas de las opciones que vienen por defecto en el programa.

La primera opción que hay que modificar es el **Formato de Visualización de la Hora**, en el cual hay que modificar la pestaña **Primer día de la semana** que viene definido el domingo por defecto y se modifica al lunes.

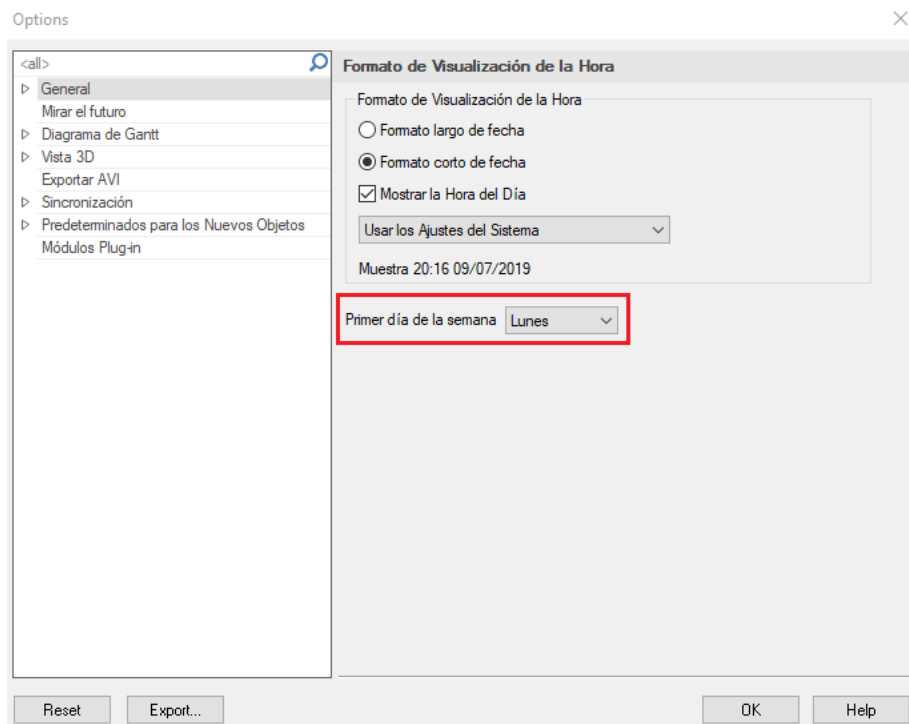


Figura 85. Modificaciones del Formato de Visualización de Horas. Fuente: Elaboración Propia.

Synchro es un programa americano, por lo que la moneda que viene por defecto es el Dólar. Aunque en el caso de estudio no se va a tener en cuenta los costes, es importante introducir el Euro como **Unidad de Moneda** de proyecto para futuros cambios.

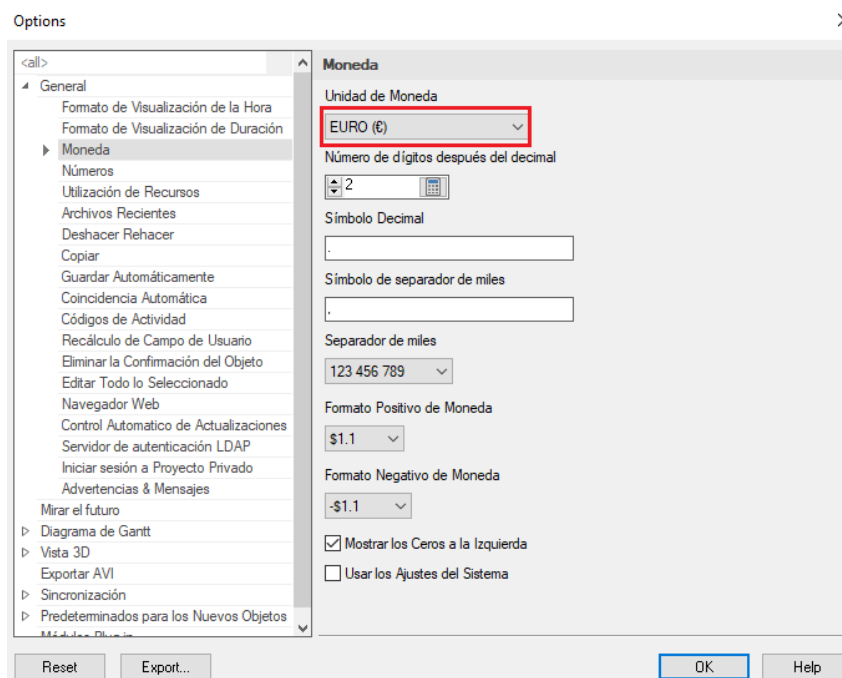


Figura 86. Cambio de Moneda de Proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

Existen infinitos aspectos que pueden ser personalizados con el objetivo de conseguir un flujo de trabajo adaptado al gusto del programador de obras y una presentación de los resultados adecuada para cada país, compañía, etc.

5.3.4 Calendario laboral

5.3.4.1 Calendario laboral 2019 en Sevilla

El acta de acuerdo de la Comisión Paritaria del Convenio Provincial de la Construcción y Obras Públicas de Sevilla [52] se lleva a cabo el 26 de noviembre para el registro y orden por parte de la autoridad laboral competente, con el fin de la posterior publicación en el Boletín Oficial de la Provincia (B.O.P).

El 10 de abril de 2019 se publica en el B.O.P la resolución del 11 de marzo de 2019, de la Delegación Territorial en Sevilla de la Consejería de Empleo, Empresa y Comercio de la Junta de Andalucía por la que se acuerda el registro, orden y publicación del Acuerdo de la Comisión Paritaria de la Construcción y Obra Pública de Sevilla sobre el Calendario Laboral para el año 2019.

Teniendo en cuenta esta publicación, el Calendario Laboral para el sector de la construcción en Sevilla para el año 2019 es el que se expone en la **Figura 87**.

CALENDARIO CONSTRUCCIÓN 2019

ENERO 21							FEBRERO 19							MARZO 21						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6					1	2	3					1	2	3
7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10
14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	11	12	13	14	15	16	17
21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24	18	19	20	21	22	23	24
28	29	30	31				25	26	27	28				25	26	27	28	29	30	31

1 Fiesta de año nuevo

28 día de Andalucía

1 Día inhábil de convenio

6 Epifanía del Señor se traslada al día 7.

ABRIL 20							MAYO 21							JUNIO 20						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7			1	2	3	4	5						1	2
8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9
15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16
22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23
29	30						27	28	29	30	31			24	25	26	27	28	29	30

17 6 horas de trabajo.

1 Fiesta del Trabajo

18 Jueves Santo.

8 Miércoles Feria.

20 Corpus.

19 Viernes Santo.

21 Día inhábil de convenio.

JULIO 23							AGOSTO 21							SEPTIEMBRE 21						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7				1	2	3	4							1
8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8
15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15
22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22
29	30	31					26	27	28	29	30	31		23	24	25	26	27	28	29
														30						

15 Asunción de la Virgen

OCTUBRE 23							NOVIEMBRE 20							DICIEMBRE 19						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6					1	2	3							1
7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10	2	3	4	5	6	7	8
14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	9	10	11	12	13	14	15
21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24	16	17	18	19	20	21	22
28	29	30	31				25	26	27	28	29	30		23	24	25	26	27	28	29
														30	31					

12 Fiesta Nacional de España

1 Fiesta de todos los santos

6 Fiesta de la Constitución Española

8 Inmaculada concepción se traslada al día 9.

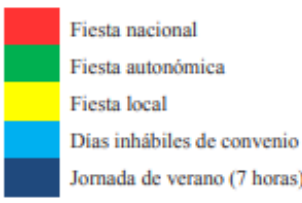
24 y 31 Media jornada laboral.

25 Natividad del señor.

Figura 87. Calendario de la Construcción 2019 en Sevilla según Convenio. Fuente: Documento del Convenio

Meses	Días	Horas
Enero	21	168
Febrero	19	152
Marzo	21	168
Abril	20	160
Mayo	21	168
Junio	19	152
Julio	23	184
Agosto	21	168
Septiembre	21	168
Octubre	23	184
Noviembre	20	160
Diciembre	19	152
	248	1984

La jornada laboral de lunes a viernes es de 7.00 horas en jornada intensiva.
Siendo el horario de 7.30 a 14.30 horas
Tlf. 954286494



Fiesta nacional
 Fiesta autonómica
 Fiesta local
 Días inhábiles de convenio
 Jornada de verano (7 horas)

Días inhábiles = 2x8 = 16 horas.
 Jornada intensiva = 54 horas.
 Reducción de jornada = 10 horas
 Total horas 80.

168 = 1824 - 1736 = 80 horas.

Figura 88. Resumen de las horas y días laborables por mes según Convenio. Fuente: Documento del Convenio.

5.3.4.2 Jornada laboral para 2019 en Sevilla

La jornada laboral acordada para el año 2019 en este convenio es la siguiente:

La jornada laboral será de **8 horas no continuadas** con horario de 9:00 a 13:00 y de 14:00 a 18:00 en el periodo no comprendido entre los siguientes:

- Días que se declaran inhábiles de convenio:
 - 1 de marzo (puente de Andalucía).
 - 21 de junio (puente fiesta del Corpus).
- Días en los que sólo se trabaja media jornada laboral, horario de 8 a 12 h:
 - 24 de diciembre.
 - 31 de diciembre.
- Días en los que se trabajará 6h. lectivas, con horario de 8 a 14 h:
 - 17 de abril (Miércoles Santo)

La jornada laboral intensiva se fija en 54 días hábiles, comprendiendo desde el 24 de junio hasta el 6 de septiembre, ambos inclusive, siendo la jornada de trabajo de 7 horas efectivas de lunes a viernes, y el horario durante dicho período es de 7:30 a 14:30, entendiéndose incluido los 15 minutos de descanso para el bocadillo.

5.3.4.3 Calendario laboral 2020 en Sevilla

Teniendo en cuenta que aún no se conoce el Convenio de trabajo para el sector de la Construcción y Obra Pública en Sevilla de 2020, se propone un calendario laboral para ese año a partir del calendario laboral de 2020.

- **ENERO** (21 días laborables)
 - Miércoles 1. Año Nuevo (Fiesta Nacional).
 - Lunes 6. Epifanía del Señor (Fiesta Nacional).
- **FEBRERO** (19 días laborables)
 - Viernes 28. Día de Andalucía (Fiesta Autonómica).
- **MARZO** (22 días laborables)
- **ABRIL** (19 días laborables)

- Jueves 9. Jueves Santo (Fiesta Autonómica).
- Viernes 10. Viernes Santo (Fiesta Nacional).
- Miércoles 29. Miércoles de Feria. (Fiesta Local)
- **MAYO** (20 días laborables)
 - Viernes 1. Fiesta del Trabajo (Fiesta Nacional).
- **JUNIO** (20 días laborables)
 - Jueves 11. Corpus Christi (Fiesta Local).
 - Viernes 12. Días inhábil de convenio.
- **JULIO** (23 días laborables)
- **AGOSTO** (20 días laborables)
 - Viernes 14. Día inhábil de convenio.
- **SEPTIEMBRE** (22 días laborables)
- **OCTUBRE** (22 días laborables)
 - Lunes 12. Fiesta Nacional de España
- **NOVIEMBRE** (20 días laborables)
 - Lunes 2. Fiesta de todos los santos (se traslada al día 2)
- **DICIEMBRE** (20 días laborables)
 - Lunes 7. Fiesta de la Constitución española (se traslada al día 7)
 - Martes 8. Inmaculada Concepción.
 - Viernes 25. Natividad del Señor.

Con esta distribución de días, se consigue igualar los 248 días laborables que se disponían para el año 2019.

5.3.4.4 Jornada laboral 2020 en Sevilla

La jornada laboral acordada para el año 2020 en este convenio es la siguiente:

La jornada laboral será de **8 horas no continuadas** con horario de 9:00 a 13:00 y de 14:00 a 18:00 en el periodo no comprendido entre los siguientes:

- Días que se declaran inhábiles de convenio:
 - 12 de junio (puente fiesta del Corpus).
 - 14 de agosto (traslado de
- Días en los que sólo se trabaja media jornada laboral, horario de 8 a 12 h:
 - 24 de diciembre.
 - 31 de diciembre.
- Días en los que se trabajará 6h. lectivas, con horario de 8 a 14 h:
 - 8 de abril (Miércoles Santo)

La jornada laboral intensiva se fija en 54 días hábiles, comprendiendo desde el 22 de junio hasta el 4 de septiembre, ambos inclusive, siendo la jornada de trabajo de 7 horas efectivas de lunes a viernes, y el horario durante dicho período es de 7:30 a 14:30, entendiéndose incluido los 15 minutos de descanso para el bocadillo.

5.3.4.5 Calendario laboral 2021 en Sevilla

Teniendo en cuenta que aún no se conoce el Convenio de trabajo para el sector de la Construcción y Obra Pública en Sevilla de 2021, se propone un calendario laboral para ese año a partir del calendario laboral de 2021.

- **ENERO** (19 días laborables)
 - Viernes 1. Año Nuevo (Fiesta Nacional).
 - Miércoles 6. Epifanía del Señor (Fiesta Nacional).
- **FEBRERO** (20 días laborables)
- **MARZO** (22 días laborables)
 - Lunes 1. Día de Andalucía (se traslada al día 1)
- **ABRIL** (19 días laborables)
 - Jueves 1. Jueves Santo (Fiesta Autonómica).
 - Viernes 2. Viernes Santo (Fiesta Nacional).
 - Miércoles 21. Miércoles de Feria. (Fiesta Local)
- **MAYO** (21 días laborables)
 - Lunes 3. Fiesta del Trabajo (se traslada al día 3)
- **JUNIO** (21 días laborables)
 - Jueves 3. Corpus Christi (Fiesta Local).
 - Viernes 4. Día inhábil de convenio.
- **JULIO** (22 días laborables)
- **AGOSTO** (21 días laborables)
 - Lunes 16. Asunción de la Virgen (se traslada al día 16)
- **SEPTIEMBRE** (22 días laborables)
- **OCTUBRE** (20 días laborables)
 - Martes 12. Fiesta Nacional de España
- **NOVIEMBRE** (20 días laborables)
 - Lunes 1. Fiesta de todos los santos.
- **DICIEMBRE** (20 días laborables)
 - Lunes 6. Fiesta de la Constitución española.
 - Martes 7. Día inhábil de convenio
 - Miércoles 8. Inmaculada Concepción.

Con esta distribución de días, se consigue igualar los 248 días laborables que se disponían para el año 2019.

5.3.4.6 Jornada laboral 2021 en Sevilla

La jornada laboral acordada para el año 2021 en este convenio es la siguiente:

La jornada laboral será de **8 horas no continuadas** con horario de 9:00 a 13:00 y de 14:00 a 18:00 en el periodo no comprendido entre los siguientes:

- Días que se declaran inhábiles de convenio:
 - 4 de junio (puente fiesta del Corpus).

- 7 de diciembre (puente fiesta Constitución en Inmaculada)
- Días en los que sólo se trabaja media jornada laboral, horario de 8 a 12 h:
 - 24 de diciembre.
 - 31 de diciembre.
- Días en los que se trabajará 6h. lectivas, con horario de 8 a 14 h:
 - 31 de marzo (Miércoles Santo)

La jornada laboral intensiva se fija en 54 días hábiles, comprendiendo desde el 21 de junio hasta el 3 de septiembre, ambos inclusive, siendo la jornada de trabajo de 7 horas efectivas de lunes a viernes, y el horario durante dicho período es de 7:30 a 14:30, entendiéndose incluido los 15 minutos de descanso para el bocadillo.

5.3.4.7 Calendario laboral en Synchro PRO

En este apartado se pretende mostrar el procedimiento de introducción del calendario fijado en los apartados anteriores en Synchro PRO.

Se pueden crear todos los calendarios que se quiera en Synchro, esto es útil cuando están trabajando varias empresas en la obra y cada una tiene un horario diferente. A cada una de las tareas se le puede asociar el calendario por el que se tiene que regir. En el caso de estudio, simplemente se va a introducir un único calendario laboral de los años 2019 y 2020.

La creación se realiza a través del menú **Navegador**, ventana **Calendarios**, y desde ahí se crea un calendario que cuyo nombre es “TFG_AMR_Calendario”, el cual puede ser personalizado introduciendo el Convenio anteriormente mostrado mediante la pestaña **General**.

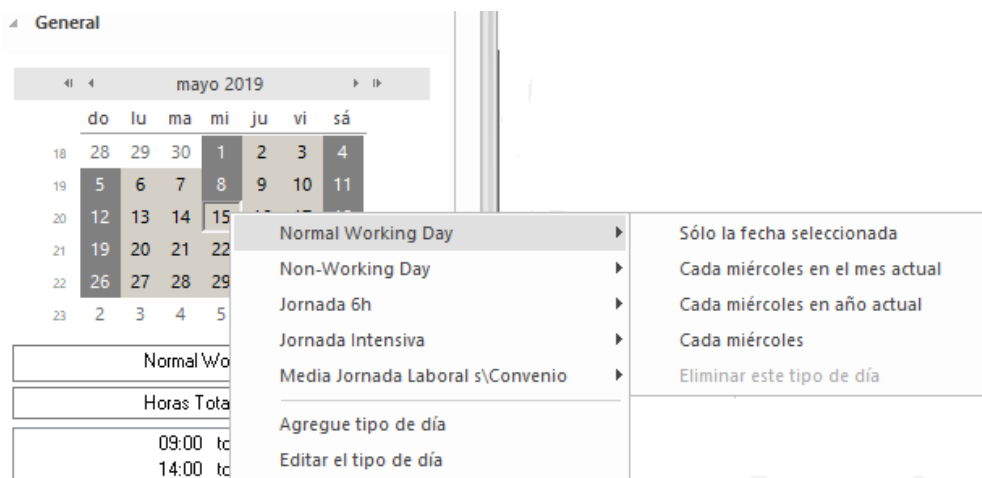


Figura 89. Configuración de los días del Calendario de trabajo en Synchro PRO. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en la **Figura 89**, a partir del Convenio de la Construcción y Obras Públicas de Sevilla, se ha visto la necesidad de crear un total de 5 tipologías de días que se exponen a continuación:

- **Normal Working Day:** perteneciente al horario de trabajo estándar de 8 horas no continuadas según el convenio.
- **Non-Working Day:** incluye los días festivos nacionales, autonómicos, locales, sábados, domingos y los días inhábiles del convenio.
- **Jornada Intensiva:** días que pertenecen a la jornada de trabajo intensiva de verano para evitar trabajar en las horas de máxima incidencia del sol.
- **Jornada 6 h:** perteneciente al Miércoles Santo.
- **Media Jornada Laboral s\Convenio:** perteneciente a los días 24 y 31 de diciembre por ser vísperas de festivos navideños.

En cada una de las tipologías de días se pueden definir los bloques de tiempo de trabajo, como se puede muestra en la **Figura 90**.

Figura 90. Introducción de bloques de tiempo de trabajo. Fuente: Elaboración Propia.

5.4 Actividades a Programar

En este epígrafe se van a incluir las actividades que componen el Plan de Obra para llevar a cabo la ejecución del aparcamiento subterráneo.

Firma del Contrato

La firma del contrato, fijada el 31 de julio de 2019, da comienzo a la planificación. Esta considerada como actividad del tipo Hito de Inicio en la herramienta de Planificación BIM4D.

Replanteo de la Obra

Replanteo de campo por el ingeniero topógrafo y un ayudante de campo, contabilizado por día, incluyendo el transporte de GPS y materiales de necesarios para la realización de la actividad.

Acta de Comprobación del Replanteo

Una vez realizado el replanteo de la obra se procede a la firma del Acta de Comprobación del Replanteo que supone la ejecución del contrato de obras. Esta firma se va a realizar al día siguiente de haber terminado los trabajos de replanteo de la obra.

Cajón de Obra

Colocación del vallado provisional del solar que permite cercar la obra mediante paneles opacos de chapa perfilada nervada de acero galvanizado con dimensiones de 193cm x 205cm.

Instalaciones Auxiliares

Instalación de los módulos de casetas prefabricadas correspondiente a las oficinas y aseos en obra, así como todas las instalaciones para el saneamiento y el abastecimiento de agua y electricidad-

Demolición

Demolición de bordillos, acerado y firmes que son necesarios eliminar para la adecuada ejecución de la obra dentro de la zona de cerramiento de la obra mediante retroexcavadora con martillo hidráulico rompedor y posterior carga sobre el camión. Estas demoliciones abarcan desde la cota +1,30 hasta la cota +0,80 incluyendo

Vaciado fase 1

Excavación mecánica a cielo abierto con talud de seguridad ante desprendimientos hasta la cota -0,90, correspondiente a la cota de excavación máxima de las zanjas para los muretes guía, retirada de los materiales excavados y carga en el camión.

Ejecución de Muretes Guía

Excavación de Zanjas para Muretes Guía

Excavación de zanjas de 90 cm de anchura hasta cota -0,90 para la realización de muretes guía de muro pantalla, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga en camión.

Construcción de Murete Guía

Construcción de doble murete guía de hormigón armado para muro pantalla con dimensiones de 100x30cm, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde el camión, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, 25 kg/m, incluyendo el montaje y desmontaje del sistema de encofrado a una cara.

Ejecución de Pantallas

Excavación de Pantalla

Excavación del módulo de pantalla de 60 cm de espesor hasta la cota -20 m con cuchara bivalva, estabilizado mediante lodos tixotrópicos, incluyendo la retirada de materiales excavados y carga en camión.

Construcción de Pantalla

Construcción del módulo de muro pantalla de 60 cm de espesor hasta la cota -20m, realizado con hormigón HA-25/L/12/IIa fabricado en central, y vertido desde el camión a través del tubo Tremie, incluyendo la colocación de los tubos para la realización de juntas de hormigonado y la colocación de la armadura mediante una grúa.

Vaciado Fase 2

Excavación

Excavación de sótanos con muro pantalla ya ejecutado hasta la cota -1,90 con medios mecánicos, incluyendo la retirada de los materiales excavados y carga en camión.

Demolición de Muretes Guía y Cabecera

Descabezado de la coronación de los paneles de muro pantalla de 60 cm de espesor y el doble murete de 30 cm de espesor cada con retroexcavadora con martillo rompedor.

Construcción de la Viga de Coronación

Viga de hormigón armado en forma de L con una altura de 190 cm para atado de panel muro pantalla y posterior apoyo de las vigas del forjado de la cubierta del aparcamiento, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y acero UNE-EN 10080 B 400 S, incluyendo el montaje y desmontaje del encofrado.

Colocación de Puntales Provisionales

Arriostramiento provisional de muro pantalla mediante viga en celosía de grandes luces colocadas mediante grúas.

Vaciado Fase 3

Excavación de sótanos con muro pantalla ya ejecutado hasta la cota -6,60 con medios mecánicos, incluyendo la retirada de los materiales excavados y carga en camión.

Ejecución de la Viga Perimetral

Viga de hormigón armado de 50x50 cm para el atado de muro pantallas y posterior apoyo de las vigas del forjado de la planta -2, realizada con hormigón HA-25/B20/IIa fabricado en central y acero UNE-EN 10080 B 400 S, incluyendo el montaje y desmontaje del encofrado.

Vaciado Fase 4

Excavación de sótanos con muro pantalla ya ejecutado hasta la cota -8,05 con medios mecánicos, incluyendo la retirada de los materiales excavados y carga en camión.

Ejecución de la Cimentación

Zapatas y Vigas Riostras

Zapata y viga riostra entre zapatas de hormigón armado, realizadas con hormigón HA-35/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, incluyendo la excavación y el encofrado.

Capa de encachado

Relleno de grava filtrante clasificada, cuyas características y composición granulométrica cumplen con lo expuesto en el art. 421 del PG-3, para drenaje bajo solera, incluyendo la extensión, la compactación y el riego del material mediante camión cisterna.

Losa de Cimentación

Ejecución de losa de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, acabado superficial liso mediante regla vibrante.

Colocación de Pilares Prefabricados

Colocación de pilares prefabricados de diferentes tipologías provenientes de fábrica mediante el uso de grúa, incluyendo la posterior unión tipo cáliz con zapata o con otros pilares mediante uniones metálicas.

Colocación de Vigas Prefabricadas

Colocación de pilares prefabricados de sección rectangular con dimensiones de 75x37,5 cm, de diferentes longitudes, provenientes de fábrica mediante el uso de grúa.

Retirada de Puntales

Retirada de las vigas de celosía de grandes luces que arriostran provisionalmente al muro pantalla mediante grúas.

Ejecución de Forjados

Ejecución de Forjado con Placas Alveolares

Forjado unidireccional realizado con placas alveolares de 25 cm de espesor con diferentes longitudes y una capa de compresión de hormigón de 5 cm de espesor con malla electrosoldada de 5mm de diámetro, incluyendo la colocación de las placas alveolares mediante el uso de grúas y el vertido del hormigón fabricado en central, y vertido con bomba.

Ejecución de Forjado In Situ

Forjado unidireccional de hormigón armado realizado con viguetas y bovedillas pretensadas y una capa de compresión de hormigón con malla electrosoldada de 5mm de diámetro.

Relleno hasta Urbanización

Extensión y compactación de tierras de relleno mediante medios mecánicos hasta la cota +0,80, correspondiente a la cota base del acerado y el firme de la nueva obra de urbanización.

Elementos de comunicación vertical

Ejecución de Rampas de Acceso

Construcción de rampas de hormigón armado para el acceso de vehículos, realizada mediante losa 30 cm de espesor de hormigón HA-35 y acero B 500 S, incluyendo el montaje y desmontaje del encofrado y la construcción de las vigas empotradas en el muro pantalla que le sirven de apoyo.

Ejecución de las Escaleras de Acceso

Escalera de hormigón visto, con losa de escalera, huella de 25 cm y contrahuella de 20 cm, realizada con hormigón HA-35/P/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilete, y acero UN-EN 10080 B 500 S, incluyendo el montaje y desmontaje del sistema de encofrado.

Urbanización

Ejecución de Acerados y Bordillos

Colocación de pavimento de baldosas de piezas regulares de árido granítico Blanco Berrocal de 60x40x4 cm para el uso exterior en áreas peatonales y calles residenciales, recibidas sobre capa de 2 cm de mortero de cemento M-10 y rejuntadas con lechada de cemento 1/2 CEM II/B-P 32,5 R, y realizado sobre solera de hormigón no estructural, incluyendo vertido desde camión con extendido y vibrado manual con regla vibrante.

Colocación de bordillo recto sobre base de hormigón no estructural y rejuntado con mortero de cemento.

Ejecución de Firmes

Ejecución de firme flexible para tráfico pesado T2 sobre explanada E3, compuesto de capa de hormigón de 20 cm de espesor y mezcla bituminosa en caliente:

- Capa base de 7 cm de AC 22 base G, según UNE-EN 13108-1
- Capa intermedia de 4 cm de AC 22 bin D, según UNE-EN 13108-1
- Capa de rodadura de 4 cm de AC16 surf S, según UNE-EN 13108-1

Construcción de Edificios de Acceso

Construcción de pequeños edificios para el resguardo de ascensores y escaleras de acceso para peatones, incluyendo acabados de pintura y carpintería.

Remates Interiores

Colocación de aparcamiento interior para bicicletas de acero y pintado del hueco de los aparcamientos para vehículos de motor.

Retirada del Cajón de Obra y limpieza final

Retirada del vallado provisional del solar que permite cercar la obra mediante paneles opacos de chapa perfilada nervada de acero galvanizado con dimensiones de 193cm x 205cm, así como la retirada de las instalaciones auxiliares y la limpieza de la zona.

5.5 Estimación de Rendimientos

Para la estimación de rendimientos se ha procedido a la apertura del archivo **AparcSubtSev4.pzh**, correspondiente al presupuesto del proyecto de referencia para poder utilizar los rendimientos establecidos en cada una de las Unidades de Obra que componen al proyecto.

Con el fin de poder trabajar de una manera más cómoda y hacer una adaptación a las Unidades de Obra que se proponen en el nuevo Plan de Obra, se ha decidido exportar el archivo en formato XML para que sirva como base de cálculo de rendimientos. Esta Hoja de Excel corresponde al **ANEJO 4. RENDIMIENTOS ADOPTADOS**.

La exportación del presupuesto de Presto a Excel se ha realizado a través de **Archivo > Exportar > Excel...**, dónde se configuran una serie de opciones de exportación. En el caso de estudio se ha decidido exportar únicamente los capítulos y partidas del presupuesto, tal y como se puede observar en la **Figura 91**.

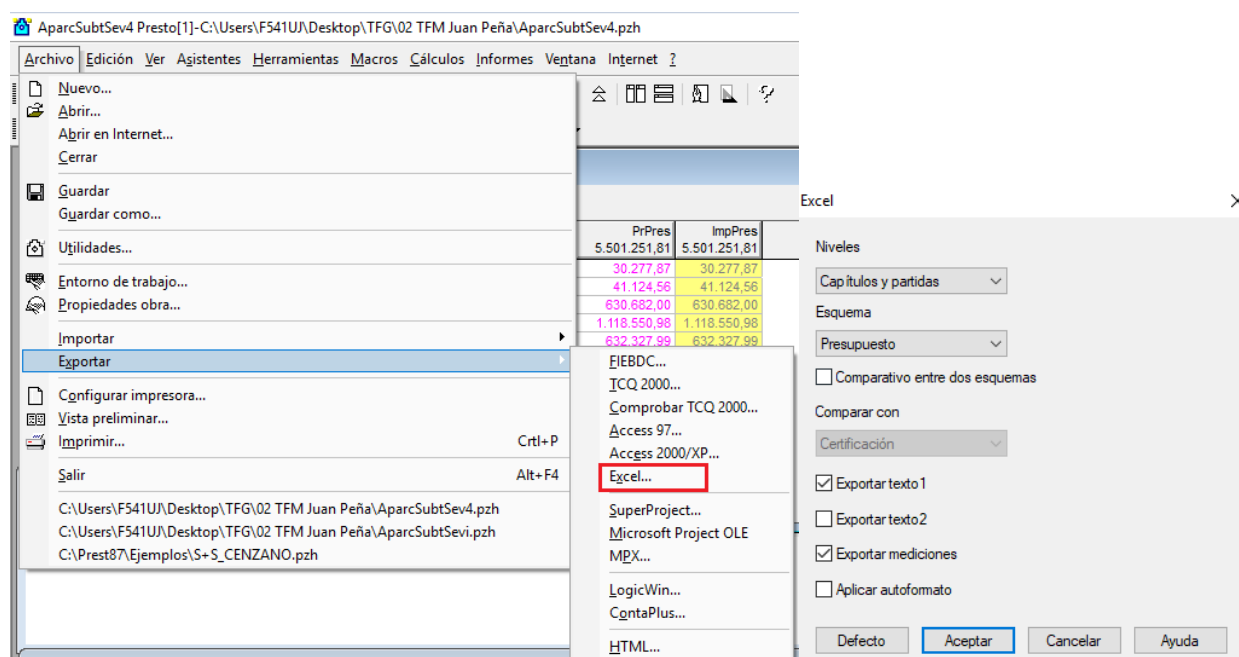


Figura 91. Proceso de exportación del presupuesto a Excel. Fuente: Elaboración Propia.

En la **Figura 92**, se muestra el resultado de la exportación que se ha realizado. Con esta base, se van a incluir las columnas necesarias para realizar los cálculos correspondientes para obtener los rendimientos de cada unidad de obra.

Aparcamiento Subterráneo en Sevilla													
Presupuesto													
Código	Nat	Ud	Resumen	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres	
01	Capitu		Trabajos Previos							1	30.277,87	30.277,87	
E01	Partida	d	Replanteo Inicial Obra							2,00	748,47	1.496,94	
			Replanteo de campo, contabilizado por día, incluyendo un ingeniero topógrafo y un ayudante de campo. También se incluye el transporte, GPS y materiales de empleo, como martillo, spay y clavos.										
			Duración días		2				2,00				
									E01	2,00	748,47	1.496,94	
E02	Partida	u	Tala y Desbroce de Zona Ajudinada							1,00	2.821,46	2.821,46	
			Talado de árboles y arbustos, de entre 15 y 30 cm, mediante motosierra y desbroce y limpieza del terreno con arbustos y tocones, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.										
			Total unidad		1				1,00				
									E02	1,00	2.821,46	2.821,46	
E03	Partida	u	Retirada de Mobiliario Urbano							1,00	1.320,22	1.320,22	
			Desmontaje de elementos de mobiliario urbano con medios manuales, y recuperación, acopio y montaje del material										

Figura 92. Resultado de la exportación del presupuesto a Excel. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez que se han realizado todos los cálculos y adaptaciones correspondientes, y se tiene la hoja Excel definitiva, se ha procedido a introducir los rendimientos de cada una de las unidades de obra en la pestaña **Reglas** de Synchro para la posterior estimación de las duraciones de una manera automatizada.

La introducción de los rendimientos se realiza a través de **Ventanas > Reglas**, rellenando los datos de nombre, Tarifa (Rendimiento) y la unidad de rendimiento para cada una de las reglas de rendimiento que se van introduciendo en cada fila. El resultado final de todas las Reglas de rendimiento que se han establecido se muestra en la **Figura 93**.

Reglas					
	ID	Descripción	Tarifa	Unidad / Hora	Regla Padre
0	RUL0...	Demolicion Firme, Acerado y Bordillos	39.16	Metro Cuadrado	
1	RUL0...	Excavacion en vaciado a cielo abierto	49.38	Metros Cúbicos	
2	RUL0...	Excavacion en zanja	1.90	Metros Cúbicos	
3	RUL0...	Ejecucion de muretes guias, i/ encofrado, ferralla...	1.10	Metros	
4	RUL0...	Excavación de la pantalla	3.32	Metro Cuadrado	
5	RUL0...	Construcción de la pantalla, i/ juntas, ferrallado,h...	3.25	Metro Cuadrado	
6	RUL0...	Demolición de muretes y cabecera de muro pant...	2.70	Metros	
7	RUL0...	Construcción Viga coronación	0.93	Metros	
8	RUL0...	Colocación de puntales cada 5m	2.50	Cada	
9	RUL0...	Excavación en vaciado de sótanos con muro pan...	35.46	Metros Cúbicos	
10	RUL0...	Ejecución de la capa de enchado	40.00	Metros Cúbicos	
11	RUL0...	Ejecución de Losa de Cimentación	2.99	Metros Cúbicos	
12	RUL0...	Colocación de Pilar Prefabricado	2.00	Cada	
13	RUL0...	Colocación de Viga Prefabricada	4.00	Cada	
14	RUL0...	Colocación del Vallado de Obra	9.90	Metros	
15	RUL0...	Ejecución de escaleras	0.70	Metro Cuadrado	
16	RUL0...	Ejecución de losa para rampa	1.50	Metro Cuadrado	
17	RUL0...	Construcción de Viga perimetral	1.40	Metros	
18	RUL0...	Ejecución de zapatas y vigas riostras	2.10	Metros Cúbicos	
19	RUL0...	Ejecución de Forjado Insitu	1.66	Metro Cuadrado	
20	RUL0...	Ejecución Forjado Placas alveolares	30.00	Metro Cuadrado	
21	RUL0...	Relleno compactado	4.58	Metros Cúbicos	
22	RUL0...	Acerado y bordillos	8.10	Metro Cuadrado	
23	RUL0...	Firmes y pavimentos	6.25	Metro Cuadrado	

Figura 93. Reglas de rendimiento introducidas en Synchro PRO. Fuente: Elaboración Propia

5.6 Actividades en Synchro PRO

5.6.1 Introducción de las actividades

Una vez realizado el Plan de Obra en el que se recogen las actividades que van a componer la obra del aparcamiento subterráneo, se introducen cada una de ellas en la parte Scheduler del programa Synchro PRO en donde se desglosan las actividades casi al nivel de Recurso 3D para conseguir una simulación de la ejecución lo más exacta y visual posible.

Como se ha comentado anteriormente, se ha decidido introducir las actividades directamente en Syncho. Lógicamente, la primera actividad que se va a introducir en el programa es “Aparcamiento subterráneo en la avenida el Cid”, la cual va a ser una actividad resumen de primer nivel en la WBS que va a estar formada por una serie de actividades “hijas” que se van descomponiendo cada vez más.

Es importante decir que en Syncho las actividades reciben el nombre de tareas, así que van a recibir este nombre de aquí en adelante.

Para introducir la tarea resumen de la planificación hay que introducir el nombre que va a recibir en la celda **Nombre** de la lista de tareas del diagrama de Gantt. Por defecto, el programa rellena las otras columnas de Duración, Inicio, Finalizar y el código ID. Este último puede ser modificado en **Opciones/Predeterminados para los Nuevos Objetos/ID de la tarea**.

Existen dos métodos para agregar más tareas a la planificación:

- **Usar la función “Como Hijo”:** desde el menú **Plan** se selecciona **Crear/Como Hijo...**
- **Aplicando sangría:** desde el menú **Plan** se selecciona **Crear/ Debajo** creándose una nueva área a la cual se le cambia el nombre o simplemente relleno la fila de inferior con el nombre que se le quiera dar. Este proceso se puede repetir para cuántas tareas se quieran incluir. A continuación, se seleccionan todas las tareas que se han creado y pulsando clic derecho **Mover/Sangría hacia dentro** o desde el menú **Plan**, consiguiéndose llevar las tareas al nivel deseado.

También se puede realizar el proceso pulsando botón derecho en una tarea y seleccionando **Insertar Nueva Tarea** y da la opción de crear **Encima, Debajo o Como Hijo**.

Para eliminar una tarea se puede realizar de la siguiente manera:

- Seleccionar la tarea o las tareas que se quieran eliminar, hacer clic derecho y **Eliminar Tarea(s)**.
- Pulsar la tecla **Supr** del teclado una vez seleccionado lo que se quiere eliminar.

Una vez que se han introducido todas las tareas con el nivel de desglose deseado, el resultado tiene un aspecto como el que se muestra en la **Figura 94**. En ella se puede observar que se ha introducido la tarea que corresponde al Plan de Obra, se ha dividido por zonas y por equipos dentro de la misma zona, llegándose a un nivel alto de desglose.

ID	Nombre
ST00260	▲ Aparcamiento Subterráneo en la avenida el Cid
ST00240	Firma del Contrato
ST00020	Replanteo de Obra
ST00025	Acta de Comprobación de Replanteo
ST00030	Cajón de Obras
ST00040	Instalaciones auxiliares de Obra
ST00050	▷ Demolición desde Cota +1.30 hasta +0.80
ST00060	▲ Vaciado Fase 1 hasta cota -0.90
ST00290	Vaciado F1 Zona Portugal
ST00310	Vaciado F1 Zona Cid
ST00065	▲ Ejecución de Muretes Guía
ST00070	▲ Excavación de Zanja para muretes hasta Cota -1.90
ST00120	▲ Zanja Zona Portugal - Equipo 1
ST00400	Zanja Zona P1 Calle
ST00410	Zanja Zona P1 Pabellón
ST00125	Zanja Zona Portugal - Equipo 2
ST00130	▲ Zanja Zona Cid - Equipo 1
ST00430	Zanja Zona C1 extremo
ST00440	Zanja Zona C1 Pabellón
ST00230	Zanja Zona Cid - Equipo 2

Figura 94. Desglose de las tareas del Plan de Obra. Fuente: Elaboración Propia.

5.6.2 Enlazar las actividades

Uno de los aspectos más importantes de una buena planificación es saber gestionar de una forma inteligente los diferentes enlaces de precedencia entre las tareas.

Syncho tienen la posibilidad de introducir los cuatro enlaces comunes de los programas de planificación que se vienen desarrollando en los últimos tiempos, es decir; Fin-Comienzo (FS), Comienzo-Fin (SF), Comienzo-Comienzo (SS), Fin-Fin (FF).

En el caso de estudio se ha supuesto un orden cronológico entre las tareas teniendo en cuenta la ejecución de la obra así que los enlaces que se van a repetir más van a ser los de Fin-Comienzo y los de Comienzo-Comienzo, con algún desfase en algunas situaciones.

En Synchro existen dos maneras de realizar las vinculaciones entre las tareas, sin incluir los comandos rápidos de teclado, que se exponen a continuación:

- **Enlazar desde el panel de Propiedades de Tarea**

Esta forma de realizar los enlaces consiste en seleccionar una tarea y abrir el menú **Agregar/Quitar enlaces**. Este menú puede ser abierto a través de la selección de **Agregar** tras haber pulsado el botón derecho en el hueco de Predecesores o Sucesores de las **Propiedades de Tarea > Enlaces**.

Por ejemplo, si se escoge la tarea Vaciado F1 Zona Cid, su tarea predecesora va a ser Demolición Zona Cid. El tipo de enlace entre estas dos tareas va a ser Comienzo-Comienzo con un desfase de 3 días, con el objetivo de que se pueda empezar a excavar a la vez que se están realizando las demoliciones.

En la se muestra el procedimiento que hay que seguir para la introducción del enlace del ejemplo anterior desde el menú Agregar/Quitar Enlaces del panel Propiedades de Tareas. En ella se puede observar que basta con seleccionar la tarea que va ser predecesora (1), selecciona **Agregar** (2) e introducir los datos (3) del tipo de enlace, el desfase, el tipo de calendario, etc.

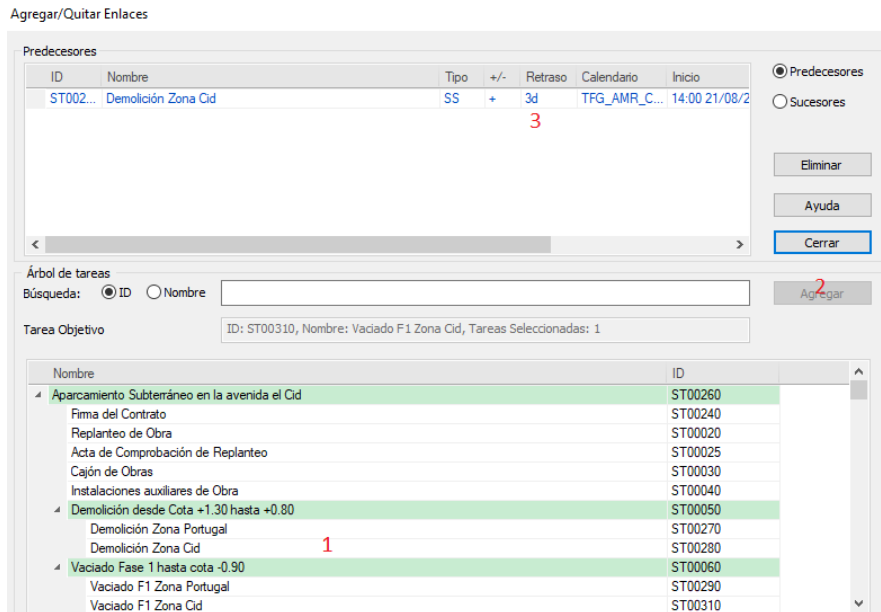


Figura 95. Proceso de introducción de enlaces desde Propiedades de Tarea. Fuente: Elaboración Propia.

• Enlazar como cadena de tareas

Esta es una forma más rápida y directa de definir los enlaces entre las tareas. El proceso es el siguiente:

- Se seleccionan las tareas en el orden en el que se van a enlazar.
- En la barra de herramientas rápidas se selecciona el tipo de enlace que se desee.
- Se selecciona **Plan > Enlaces > Enlazar como cadena**.
- Finalmente se reprograma el diagrama de Gantt pulsando F9 o a través de **Plan > Reprogramar**.

En la **Figura 96** se puede observar el proceso para la introducción de enlaces mediante cadenas para las tareas del ejemplo anterior.

Una vez introducido el enlace se puede comprobar que se ha realizado correctamente y cambiar algunos datos si es necesario a través de **Propiedades de Tarea > Enlaces**.

ID	Nombre	Duración	Inicio
ST00260	▲ Aparcamiento Subterráneo en la avenida el Cid	566d, 5h, 3...	8:00 31/07/2019
ST00240	Firma del Contrato	0d	8:00 31/07/2019
ST00020	Replanteo de Obra	2d	8:00 31/07/2019
ST00025	Acta de Comprobación de Replanteo	1d	11:00 05/08/2019
ST00030	Cajón de Obras	6d, 53m	10:00 02/08/2019
ST00040	Instalaciones auxiliares de Obra	14d	10:00 02/08/2019
ST00050	▲ Demolición desde Cota +1.30 hasta +0.80	14d, 4h, 26m	14:00 21/08/2019
ST00270	Demolición Zona Portugal	14d, 4h, 26m	14:00 21/08/2019
ST00280	Demolición Zona Cid	14d, 2h, 54m	14:00 21/08/2019
ST00060	▲ Vaciado Fase 1 hasta cota -0.90	16d, 2h, 18m	10:00 27/08/2019
ST00290	Vaciado F1 Zona Portugal	10d, 2h, 18m	9:00 05/09/2019
ST00310	Vaciado F1 Zona Cid	15d, 5h, 34m	10:00 27/08/2019
ST00065	▲ Ejecución de Muretes Guía	23d, 4h, 36m	11:00 19/09/2019

Figura 96. Proceso de introducción de enlaces mediante Enlazar como Cadena. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez realizado todos los enlaces, en el diagrama de Gantt se puede ver a simple vista el resultado de final de todos los enlaces que se han realizado, comprobando visualmente la relación que se le está imponiendo a las tareas.

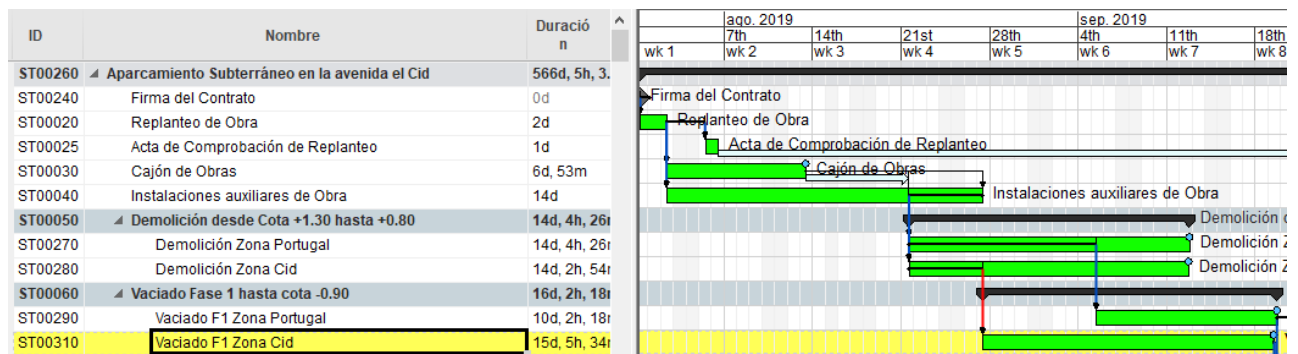


Figura 97. Resultado de la introducción de enlaces. Fuente: Elaboración Propia.

5.6.3 Propiedades de las actividades

Para poder modificar las propiedades de una tarea que esté seleccionada hay que abrir el panel **Propiedades de Tarea** y en la pestaña **General** se pueden configurar una serie de parámetros que definen a esta. Los parámetros más destacables podrían ser:

- ID
- Nombre
- Tipo de tarea: en donde se especifica si se trata de una tarea de hito, de trabajo, reconstrucción, entrega, etc.
- Estado: en el que se puede indicar si la tarea se encuentra planeada, iniciada o finalizada.
- Tipo de Duración: Fija, Dependiente de Cantidad Física o Dependiente de Unidades de Recurso.
- Las diferentes fechas de inicio
- Las diferentes fechas de terminación
- Restricciones
- Regla de Tarea: en la que se selecciona la regla que se corresponde a la tarea.
- Unidad de Cantidad Física: que representa la unidad en la que se realiza la medición de esa tarea.
- Cantidad Física: que representa el valor de la medición.

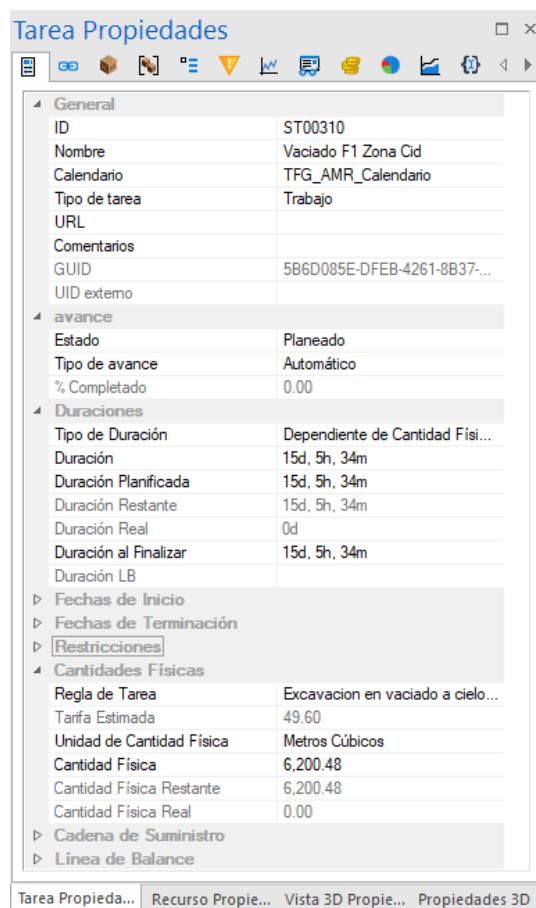


Figura 98. Propiedades de la tarea “Vaciado F1 Zona Cid”. Fuente: Elaboración Propia.

5.7 Asociar

En este apartado se realiza la acción más significativa que tiene la planificación BIM 4D, ya que se asocian las tareas que se han creado con los Recursos 3D que se han importado desde el modelado BIM 3D. Una vez que se haya completado la asociación de los recursos 3D a las tareas, la vista del modelo será controlada por la planificación y la ventana 3D permitirá visualizar la ejecución de la obra.

Según [53] el procedimiento general a seguir para la asignación de los recursos 3D a las tareas se resume en cuatro pasos:

- Seleccionar la tarea en lista de tareas.
- Seleccionar el recurso o recursos que se quiere vincular a la tarea.
- Selecciona el Perfil de Aspecto, el cual le indica el comportamiento del recurso antes, durante y después de la tarea.
- Asignación del recurso a la tarea.

A continuación, se exponen los diferentes métodos de asignación de Recursos 3D a las tareas y las diferentes técnicas auxiliares para conseguir una asignación que se adapte a la realidad de la ejecución de la obra.

5.7.1 Métodos para asignación de recursos a tareas

Existen cinco métodos distintos por los que se pueden asignar los recursos 3D a las tareas, algunos más rápidos y otro más seguros, ya que se puede controlar en todo momento lo que se está haciendo. Las diferentes técnicas son:

- **Asignar desde la Ventana 3D:** se seleccionan los objetos que se desean asignar y pulsando botón derecho en la Ventana 3D se selecciona la opción **Asignar a Tarea seleccionada**.
- **Asignar desde la Ventana 3D arrastrando y soltando:** se seleccionan los objetos en la ventana 3D y pulsado Ctrl+Alt, se arrastran los objetos a la tarea deseada de la lista de tareas. Con este método no es necesario seleccionar la tarea de destino previamente.
- **Asignar pulsando las teclas “Ctrl + Mayúsc + A”:** se selecciona la tarea y los objetos que se quieren asociar y se pulsa “Ctrl + Mayús + Alt”.
- **Asignar desde el panel de Objetos 3D o Recursos con botón derecho:** se selecciona la tarea y se seleccionan los Objetos o Recursos respectivamente, y pulsando botón derecho en el nombre del Objeto 3D/Recurso se selecciona **Asignar a Tarea seleccionada**.
- **Asignar desde el panel de Recursos arrastrando y soltando:** se selecciona en el panel Recursos los diferentes elementos que se quieren asociar y se arrastran sobre la tarea en la lista de tareas. Con esta técnica tampoco es necesario seleccionar la tarea de destino previamente. Los recursos seleccionados sólo se pueden asignar a una tarea utilizando este método.

Es importante estar constantemente observando la columna de **Recursos 3D** de la lista de tareas, ya que es un indicador de la cantidad de Recursos 3D que se le asocia a cada una de las tareas y si se conoce a la perfección el modelo, se puede saber a simple vista si se han cometido errores de asignación.

Otro de los aspectos que hay que tener en cuenta es que hay que estar constantemente observando la **Barra de Herramientas Rápidas** porque es la que marca el perfil de aspecto que está activado en el momento de asociación.

A continuación, se muestra un ejemplo de asociación de recursos a tareas. En este caso, se ha escogido como ejemplo a las vigas que se utilizan para apuntalar la luz entre las pantallas.

El primer paso consiste en la selección y aislamiento de todas las vigas que se van a asociar. En Synchro, los Objetos 3D o Recursos 3D pueden ser aislados mediante las diferentes herramientas de filtro, las cuales no van a ser tratadas en este documento. Sin embargo, si se va a mostrar el filtro básico y rápido que se ha utilizado para poder hacer la sección de una manera cómoda.

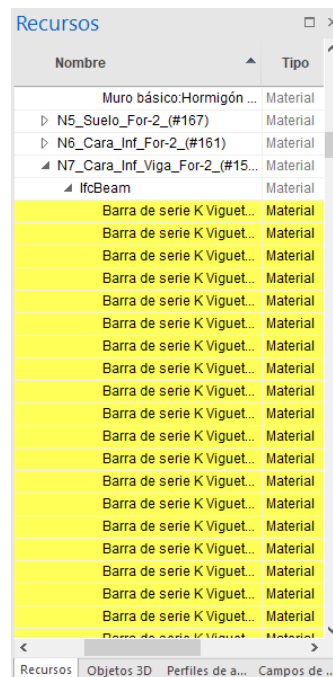


Figura 99. Selección de los recursos a aislar. Fuente: Elaboración Propia.

En la **Figura 99**, se puede observar que se han seleccionado todas las vigas de apuntalamiento que se encuentran colocadas en el mismo nivel. Para poder aislarlas, hay que pulsar botón derecho en la Ventana 3D y seleccionar **Filtros > Aislar lo seleccionado**, como se muestra en la **Figura 100**.

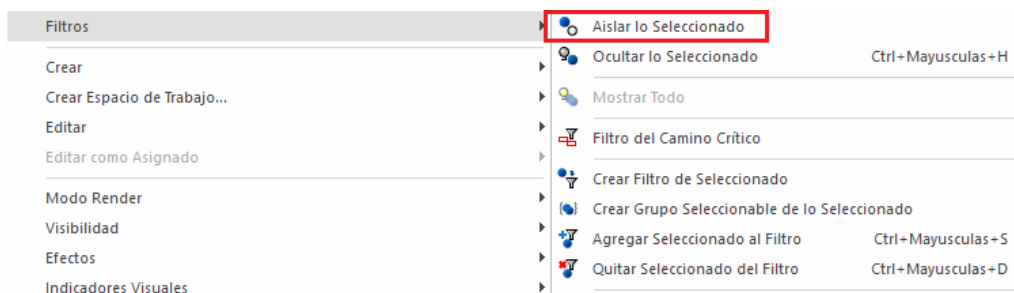


Figura 100. Aislar los recursos seleccionados. Fuente: Elaboración Propia.

El resultado final del aislamiento de las vigas se puede observar en la **Figura 101**. Esta herramienta de filtro permite trabajar únicamente con los elementos que se van a asociar a la tarea.

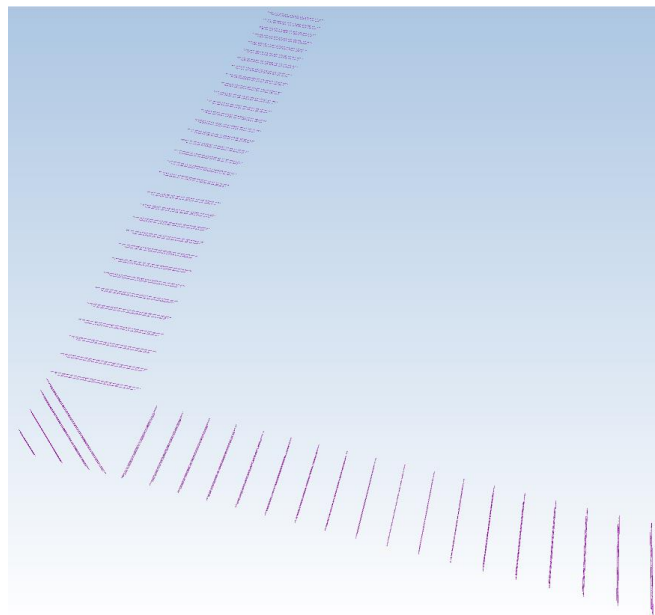


Figura 101. Resultado de aislar todas las vigas seleccionadas. Fuente: Elaboración Propia.

Existen dos zonas a las que tienen que ser asignadas estas vigas puntales. Por tanto, el siguiente paso es seleccionar en la Ventana 3D las vigas que van a ser necesarias para cada una de las zonas. El paso más importante es escoger el Perfil de Aspecto que se le quiere asociar en la **Barra de Herramientas Rápidas**, **Figura 102**. Por último, se pulsa el botón derecho en la ventana 3D y se selecciona **Asignar a Tarea(s) Seleccionada**.

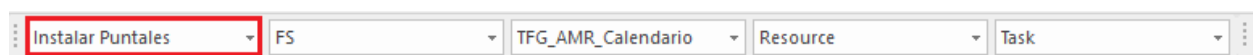


Figura 102. Selección del Perfil de Aspecto en la Barra de Herramientas Rápidas. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en la columna de **Recursos 3D** de la **Figura 103**, cada una de las vigas de apuntalamiento ha sido asociada a su zona correspondiente.

	ID	Recur sos 3D	Nombre	Durac
80	ST00830	22	Zona Portugal	1d, 48m
81	ST00940	32	Zona Cid	1d, 5h, 1
82	ST00810	(2)	▲ Vaciado Fase 3 hasta cota -6.60	348d, 5h
83	ST00840	1	Zona Portugal	171d, 18
84	ST00850	1	Zona Cid	250d, 3h
85	ST00860	(54)	▲ Colocación de Puntales provisionales entre ...	179d, 3h
86	ST00880	22	Zona Portugal	1d, 48m
87	ST00890	32	Zona Cid	1d, 5h, 1

Figura 103. Resultado de la Asignación de puntales. Fuente: Elaboración Propia.

5.7.2 Perfiles de Aspecto

El Perfil de Aspecto se selecciona cuando se está asignando el recurso a la tarea y marca el comportamiento del recurso, antes, durante y después de la tarea, de forma que el Perfil de Aspecto controla [53]:

- La visibilidad del recurso (antes, durante y después) según cada una de las cuatro acciones (Instalar, Mantener, Eliminar y Temporal).
- El color del recurso en la ventana 3D antes, durante y después de la tarea.
- Cualquier simulación de crecimiento o interpolación de transparencia durante la tarea.

Por defecto, vienen definidos cuatro Perfiles de Aspecto que sirven como base de todos los que se van a crear para cada uno de los comportamientos de las tareas. El funcionamiento de cada uno de ellos se especifica en la *Figura 104*.

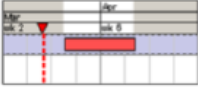
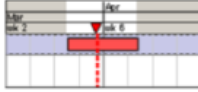
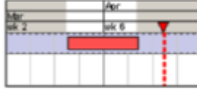
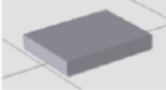

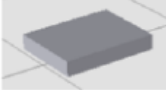
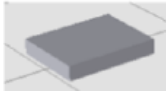
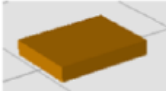


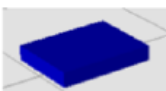

Perfil de Aspecto	Tiempo de enfoque (4D)		
	Antes de la tarea	Durante la tarea	Después de la tarea
INSTALAR	 Aspecto inicial	 Aspecto activo	 Aspecto final
MANTENER	 Aspecto inicial	 Aspecto activo	 Aspecto final
ELIMINAR	 Aspecto inicial	 Aspecto activo	 Aspecto final
TEMPORAL	 Aspecto inicial	 Aspecto activo	 Aspecto final

Figura 104. Funcionamiento de Perfiles de Aspecto. Fuente: Planificación 4D con Synchro PRO.

Mediante el panel **Perfiles de Aspecto**, que se encuentra en la ubicación que se muestra en la **Figura 105**, se pueden crear todos los perfiles de aspecto que se deseen, variando el color, la transparencia, la simulación del crecimiento, la acción que va a tener, etc.

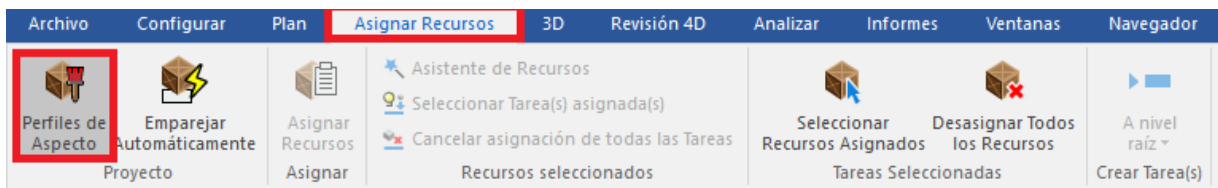


Figura 105. Ubicación del panel Perfiles de Aspecto. Fuente: Elaboración Propia.

Para crear un nuevo Perfil de Aspecto hay que pulsar botón derecho en el hueco en blanco del panel y seleccionar **Agregar**. Tras haber introducido el nombre, se introducen todas las especificaciones que se deseen. En la **Figura 106**, se pueden observar todas las especificaciones que pueden ser seleccionadas en cada uno de los perfiles de aspecto.

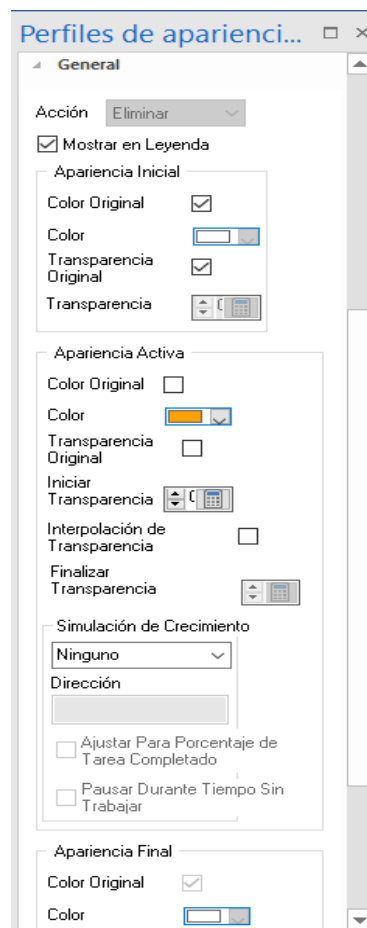


Figura 106. Especificaciones de los Perfiles de Aspecto. Fuente: Elaboración Propia.

Con lo que respecta a la simulación del crecimiento, existe una serie de direcciones que vienen por defecto como Arriba-Abajo, Abajo-Arriba, Izquierda-Derecha, Derecha- Izquierda, Frente-Atrás, Atrás-Frente o Personalizar, siendo esta última la más útil debido a que no sigue las direcciones básicas de un plano como las otras.

En el caso de estudio, a excepción del crecimiento Arriba-Abajo que se ha utilizado para simular el crecimiento de cada uno de los módulos de pantalla, se ha utilizado la opción Personalizar. Para saber la dirección exacta se ha utilizado la herramienta Planos de corte, que crea un plano por el cual su dirección puede ser utilizada como simulación del crecimiento.

Un Plano de Corte se crea a través de **3D > Planos de Corte > Plano de Corte X, Y o Z**. A continuación, aparece un plano en la ventana 3D que puede ser modificado mediante manipuladores de dirección horizontal, vertical y giros.

Una vez que se sabe la dirección que va a llevar, se introduce el nombre del plano que se ha creado para poder usarlo en otras ocasiones y se selecciona **Usar como dirección de aumento**. En la **Figura 107**, se puede observar todas los Planos de Corte que se han creado.

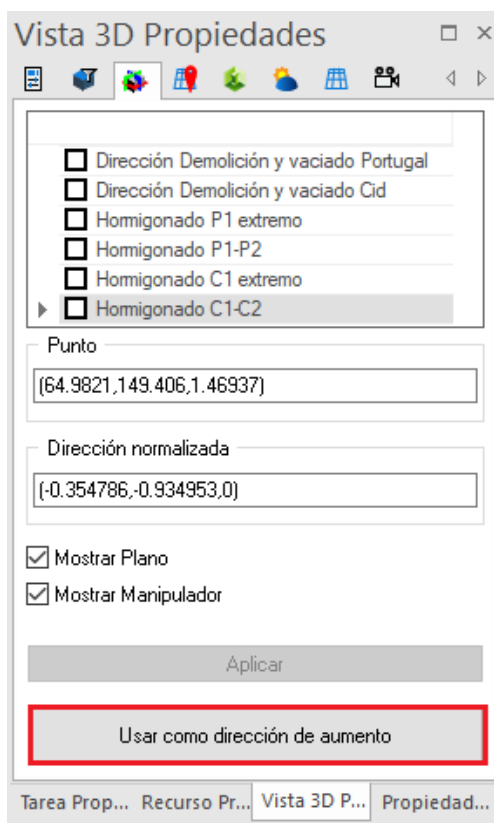


Figura 107. Usar un Plano de Corte como dirección de crecimiento. Fuente: Elaboración Propia.

5.7.3 Subdivisión 3D

En muchas ocasiones el modelo que llega de la oficina de proyectos no está lo suficientemente desglosado para poder aplicar la planificación que se tiene pensada, y es aquí donde se puede aplicar una de las técnicas más interesantes de Synchro que permite adaptar el modelo 3D a las necesidades del planificador sin tener que pedir al autor del modelo que lo modifique: la Subdivisión 3D.

La técnica tiene el inconveniente de perder las propiedades que se ha importado del modelo 3D una vez que se ha realizado esta. Por eso, es importante saber que esta técnica conviene utilizarla en casos de extrema necesidad y en objetos cuyas propiedades no son demasiado importantes. Aunque en el caso de estudio se han utilizado esta técnica, lo más correcto es que el planificador experimentado analice el modelo y que no lo acepte hasta que el modelador realice las modificaciones adecuadas para la correcta planificación, con el fin de perder el menor número de parámetros y características posible.

La herramienta Subdivisión 3D permite dividir un objeto del modelo en partes más pequeñas y la pestaña se encuentra en la ubicación que se muestra en la **Figura 108**.

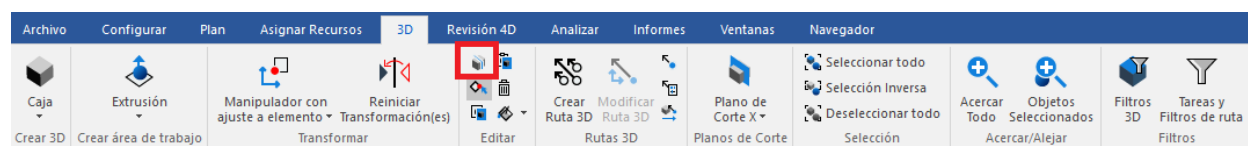


Figura 108. Ubicación de la pestaña Subdivisión 3D. Fuente: Elaboración Propia.

Existen tres métodos para usar la herramienta de Subdivisión 3D:

- **Subdivisión por sector:** el objeto subdividido se divide en planos ortogonales uniformes (columnas, filas y capas). Simplemente hay que seleccionar el número de filas, columnas y capas en las que se quiere dividir. Este método es demasiado básico y sólo es útil para objetos que tienen una geometría sencilla.
- **Subdivisión por sector de usuario:** tiene la misma filosofía que el método anterior, pero cada una de las filas, columnas y capas pueden ser movidas manualmente por el usuario mediante el movimiento de los manipuladores con el ratón.
- **Subdivisión a mano alzada:** es el más complejo, pero a la vez el más potente, ya que permite dibujar la línea de división con toda libertad. Este método es muy útil para subdivisiones de objetos que la geometría o la propia separación tiene una geometría complicada.

A lo largo de toda la planificación BIM 4D que se ha realizado, se han aplicado estos tres métodos de Subdivisión 3D a varios objetos. Sin embargo, se va a mostrar el procedimiento de subdivisión para un único caso a modo de ilustración.

Si se escoge de ejemplo a una de las zonas verdes que se encuentra situada en la intersección de ambas avenidas, como la que se observa en la **Figura 109**, es conveniente que se adapte su geometría a cada una de las zonas y, por tanto, se tiene que aplicar una subdivisión para incluir cada una de las partes en la zona correspondiente.

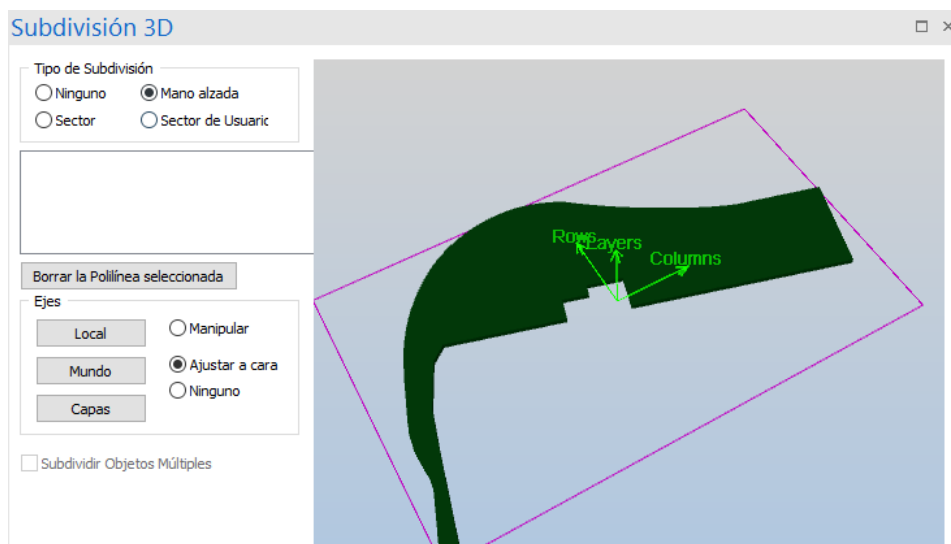


Figura 109. Zona verde que se va a subdividir. Fuente: Elaboración Propia.

El método más conveniente para realizar la subdivisión es **Mano alzada**, ya que la línea de división que se quiere introducir no corresponde a ninguna de las configuraciones que aportan los otros dos métodos. Para ello se selecciona la opción **Mano Alzada**, **Ajustar a la cara superior del objeto** y pulsando botón derecho se selecciona la opción **Crear Polilínea de Subdivisión**, como se puede observar en la **Figura 110**. Es importante que la polilínea empiece y acabe en alguna de las líneas moradas que rodean al objeto, ya que no en caso contrario no va a funcionar.

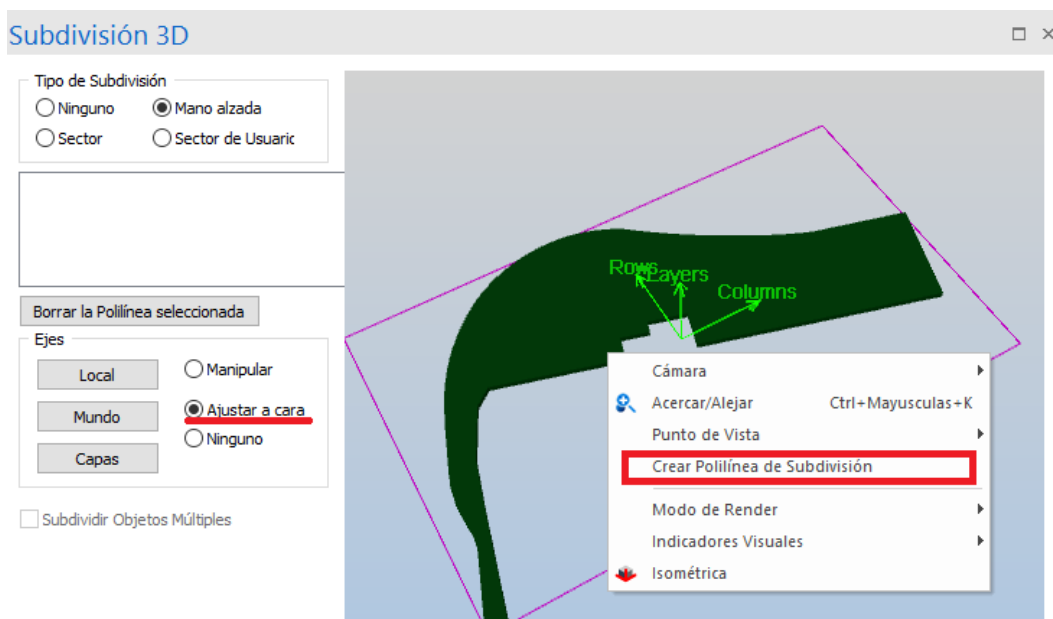


Figura 110. Procedimiento de Subdivisión 3D a Mano Alzada. Fuente: Elaboración Propia.

En la **Figura 111**, se muestra el resultado final de la subdivisión. Gracias a esta herramienta la zona verde seleccionada a la izquierda puede ser asignada a la zona Portugal y la zona verde no seleccionada a la derecha puede ser asignada a la zona Cid.



Figura 111. Resultado final de la Subdivisión 3D. Fuente: Elaboración Propia.

5.7.4 Grupo de Recursos

En muchas ocasiones se puede presentar la situación en la que interesa mostrar que varios objetos crezcan como si fuera un único objeto en lugar de hacer un crecimiento individual. Para conseguir este resultado hay que recurrir a la creación de grupo de recursos que permiten ver el progreso general de ejecución de varios objetos son tener que crear una tarea para cada uno.

Un ejemplo de ello es la tarea Forjado de Placas Alveolares, ya que interesa que las distintas placas alveolares y la capa de compresión de 5 cm crezcan a la vez como de un único objeto se tratase para así poder asimilarse lo máximo posible a la tarea que se está describiendo. Si se asignase cada una de las placas alveolares y la capa de compresión a la tarea y se le aplicara un perfil de aspecto de crecimiento en la dirección deseada, cada uno crecería de forma individual. En su lugar, se ha agrupado cada uno de los elementos en un único recurso antes de asignarlo a la tarea.

Esta técnica es útil para algunas ocasiones, ya que el planificador consigue mostrar la simulación de crecimiento deseada de la tarea. Sin embargo, tienen el inconveniente de perder todas las propiedades que se han importado del modelo.

El primer paso para realizar la agrupación de los recursos que van a pertenecer a la tarea Forjado de Placas Alveolares es seleccionar cada uno de ellos, como se puede observar en la *Figura 112*.

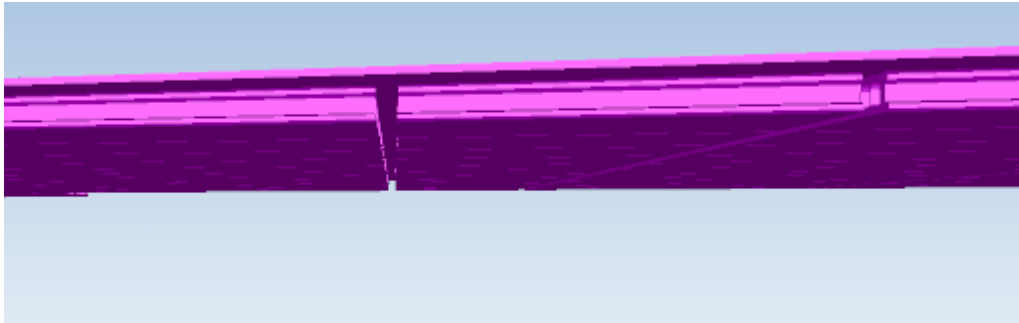


Figura 112. Selección de recursos para la tarea “Forjado de Placas Alveolares”. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez seleccionado todos los recursos que se van a ver involucrados, se pulsa el botón derecho en la Ventana 3D y se selecciona **Asistente de Configuración de Recursos**, abriéndose un cuadro de diálogo llamado **Asistente de Recursos...** como el de la *Figura 113*. En este cuadro se escoge la opción **Asignar a un nuevo Recurso**, se pulsa en siguiente y se rellenan los datos del nuevo recurso que se está creando, como en la *Figura 114*.

Figura 113. Cuadro Asistente de Recursos. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 114. Datos del Nuevo Recurso. Fuente: Elaboración Propia.

El siguiente apartado se puede seleccionar como se quiere desglosar o subdividir el el nuevo Recurso 3D que se está creando. En este caso, se selecciona la opción que se muestra en la **Figura 115**, ya que se quiere agrupar todos los recursos seleccionados en uno solo.

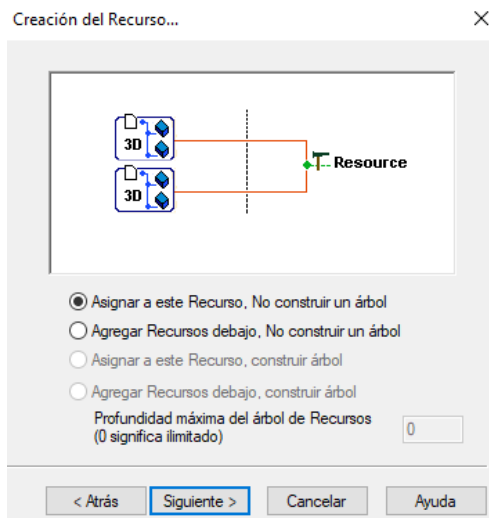


Figura 115. Opciones de creación de Recursos. Fuente: Elaboración Propia.

Por último, aparece un aviso de que los objetos que se han seleccionado tienen que ser desasignados para poder asignarse al nuevo grupo de recursos, ya que cada uno de ellos tenía asignado su propio recurso cuando se produjo la importación como se puede observar en la **Figura 116**.

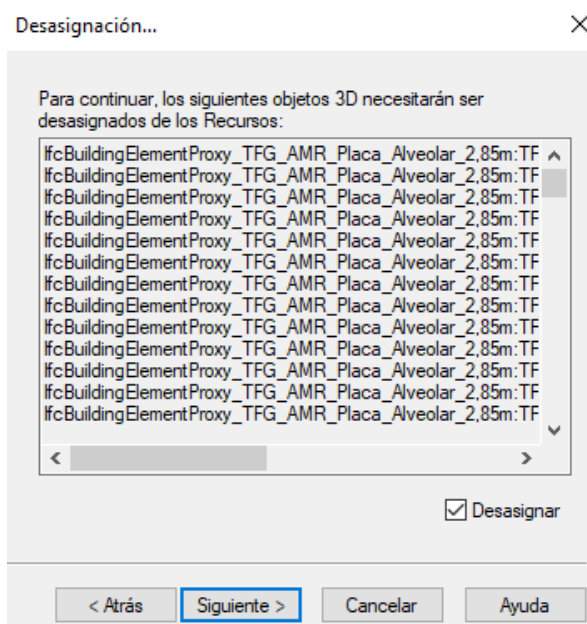


Figura 116. Desasignación de los Recursos de los Objetos 3D. Fuente: Elaboración Propia.

Con estas acciones ya se tiene creado el grupo de recursos y queda asignarlo a la tarea mediante alguna de las técnicas de asignación que se han nombrado con anterioridad. Como se puede observar en la **Figura 117**, se ha asignado únicamente un recurso a la tarea Ejecución de Forjado con Placas Alveolares y todos los elementos que pertenecen a este grupo van a tener una simulación de crecimiento agrupado.

	ID	Recursos 3D	Nombre	Duración
366	ST01070	(4)	▲ Forjado Planta -2	38d, 2h, 50m
367	ST01100	(2)	▲ Ejecución de Forjado con Placas Alveolares	27d, 2h, 46m
368	ST01110	1	Forjado Placas Alveolares P-2 Zona Portugal	6d, 7h, 46m
369	ST01120	1	Forjado Placas Alveolares P-2 Zona Cid	10d, 5h, 50m

Figura 117. Resultado de la asignación del grupo de recursos de forjado. Fuente: Elaboración Propia.

5.7.5 Crear tareas enlazadas a partir del modelo

Existen situaciones en las que es necesario desglosar tanto las tareas que se necesita una tarea para cada uno de los Recursos 3D que la componen. Como alternativa a insertar manualmente nuevas tareas para cada uno de los Recursos 3D, Synchro tiene la capacidad de crear tareas directamente a partir de ellos. Este caso se puede aplicar para las pantallas, ya que es necesario simular el crecimiento de cada una de ellas por separado y existe un gran número de elementos que las representan como para crear una tarea por cada uno de ellos.

Antes de seguir con esta técnica, es importante mencionar que Synchro genera tareas y enlaces entre ellas en el mismo orden que se hayan seleccionado los Recursos 3D. Por tanto, la selección de cada una de las pantallas tiene que seguir la secuencia lógica de construcción.

Antes de realizar nada, es conveniente aislar las pantallas usando las mismas técnicas que se han mencionado con anterioridad. El resultado del aislamiento se muestra en la *Figura 118*.

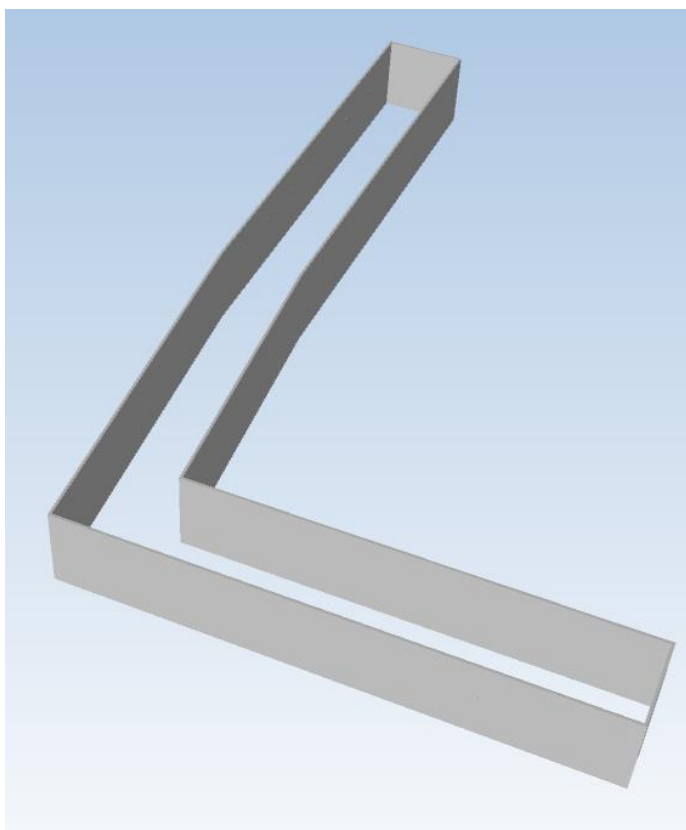


Figura 118. Aislamiento de las pantallas. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez aislado todas las pantallas, se seleccionan cada una de ellas en el orden de ejecución. En este caso, se escoge la correspondiente a la Zona Pabellón Norte y su selección se realiza desde el centro hacia el extremo, como se puede observar en la *Figura 119*.

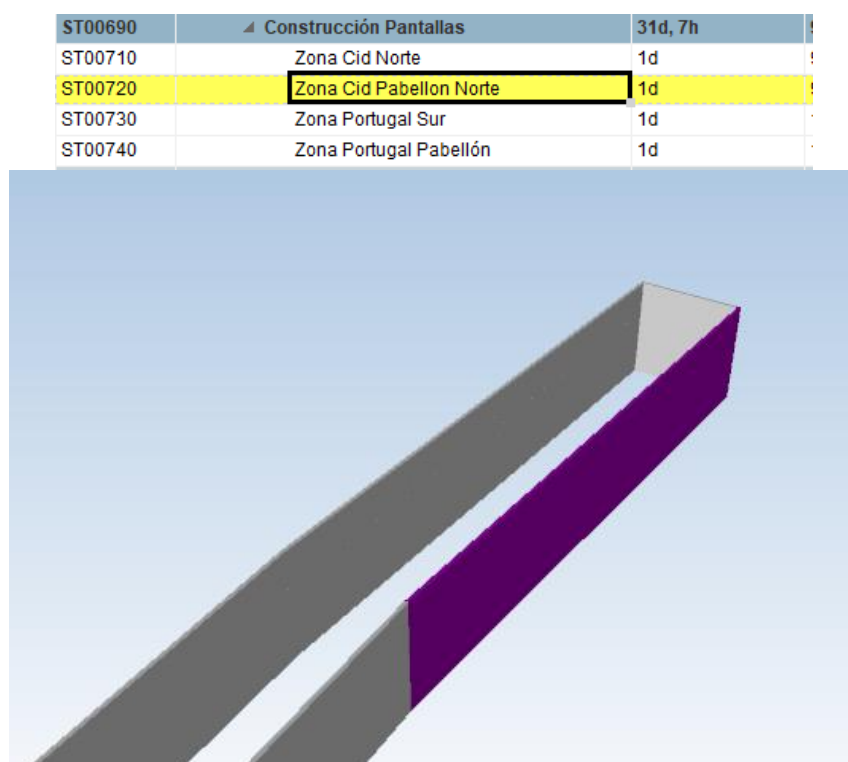


Figura 119. Selección de los Recursos 3D para crear nuevas tareas enlazadas. Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo seleccionada la tarea que quiere ser desglosada en tareas más pequeñas, se pulsa botón derecho en la Ventana 3D y se selecciona **Crear Tarea(s) > Bajo Tarea seleccionada**, como se observa en la **Figura 120**.

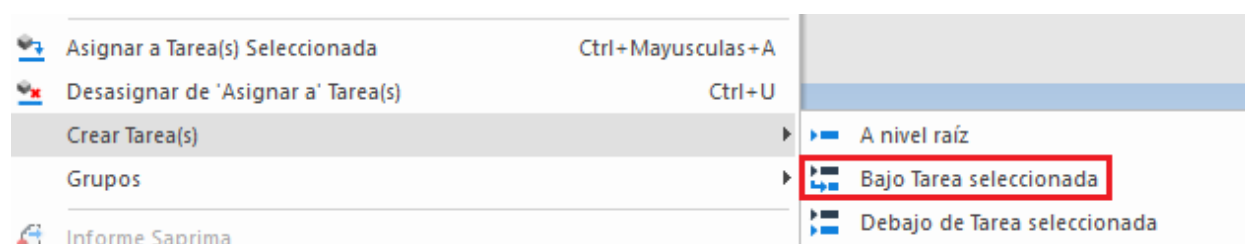


Figura 120. Crear tareas bajo la tarea seleccionada. Fuente: Elaboración Propia.

Antes de realizar este paso, es importante escoger el tipo de enlace y el perfil de aspecto que se le va a asignar a cada una de las nuevas tareas que se van a crear.

En la **Figura 121** se puede ver como se han creado nuevas tareas con cada una de las pantallas y se han enlazado automáticamente. Gracias a esta técnica se consigue ahorrar mucho tiempo con la planificación de este tipo de objetos.

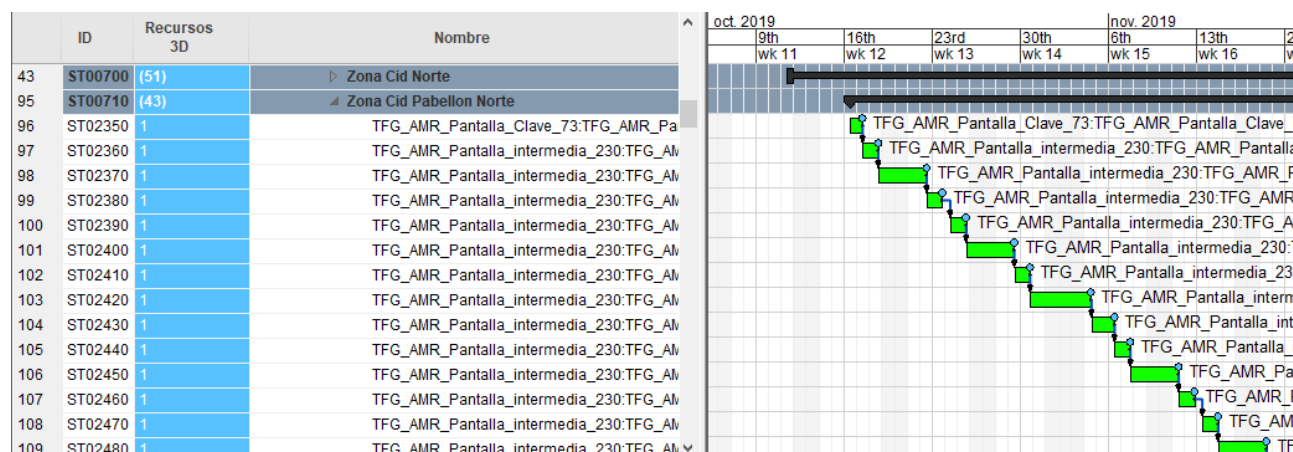


Figura 121. Resultado final de la creación de tareas enlazadas a partir del modelo. Fuente: Elaboración Propia.

5.8 Estimación de Duraciones en Synchro

Synchro tiene tres formas de introducir las duraciones de las tareas:

- **Duración Fija:** se introducen manualmente en la columna **Duración** de la lista de tareas del diagrama de Gantt. Dichas duraciones pueden ser estimadas fuera del programa a partir de la experiencia del planificador o de las mediciones y rendimientos.
- **Dependientes de Unidades de Recurso:** a mayor de recurso de maquinaria o mano de obra que se introduzcan en la actividad, menor será la duración de estas. No se va a profundizar en este ámbito.
- **Dependientes de Cantidad Física:** la duración va a depender de la cantidad de medición que tenga la unidad de obra que compone esa actividad y el rendimiento estimado para esa unidad de obra. Esta es la opción de estimación de duraciones que se va a escoger.

El procedimiento de cálculo de duraciones empieza seleccionando la tarea en la lista de tareas y cambiando el tipo de duración de la tarea en la ventana **Tarea Propiedades > General > Tipo de Duración. > Dependiente de Cantidad Física.**

El siguiente paso consiste en rellenar la pestaña **Cantidades Físicas** con alguna de las reglas de rendimiento que se han introducido en el epígrafe 5.5 en la ventana **Reglas**, con la unidad de medida de la cantidad física que representa la medición y la cantidad de medición que representa a esa tarea. Se puede ver un ejemplo en la **Figura 122.**

The screenshot shows the 'Tarea Propiedades' window with the following data:

General	
ID	ST00410
Nombre	Zona manzana
Calendario	TFM_AMR_Calendario
Tipo de tarea	Trabajo
URL	
Comentarios	
GUID	137AB79A-A714-4722-B173-62...
UID externo	

Duraciones	
Tipo de Duración	Dependiente de Cantidad Física
Duración	7d, 4h
Duración Planificada	7d, 4h
Duración Restante	7d, 4h
Duración Real	0d
Duración al Finalizar	7d, 4h
Duración LB	

Cantidades Físicas	
Regla de Tarea	Excavacion en zanja
Tarifa Estimada	1.90
Unidad de Cantidad Física	Metros Cúbicos
Cantidad Física	114.00
Cantidad Física Restante	114.00
Cantidad Física Real	0.00

Figura 122. Ejemplo de estimación de duraciones con Cantidad Física. Fuente: Elaboración Propia.

El dato de la Cantidad Física puede ser introducido manualmente a través de la información que se ha obtenido del modelo de Revit o a través de la herramienta **Medir** de Synchro. Sin embargo, este procedimiento también puede ser realizado de forma automática a través de un Script de Synchro.

El Script de Synchro es una técnica que se utiliza para conseguir los resultados deseados cuando se ha conseguido introducir la información, pero no totalmente de la manera que se deseaba. Con esta técnica se está introduciendo un nivel de más de dificultad en la forma de planificar con el programa, ya que no se recoge en los cursos básicos de formación que existen en el mercado sobre el programa.

La herramienta Script que ofrece Synchro permite al usuario crear Scripts que pueden realizar cálculos y cargar ciertos valores de forma automatizada.

El Script es una secuencia de frases, donde cada frase es un comando que realiza una operación simple, como por ejemplo: set property/assign uf/unassign uf/assign object/unassign object/link to/link from/unlink to/unlink from), el cual es desarrollado para todos los objetos del proyecto que satisface la descripción que se introduce en la frase.

Para realizar un Script hay que posicionarse en la función **Analizar > Script de Synchro** y aparece la ventana **Intérprete de Script**.

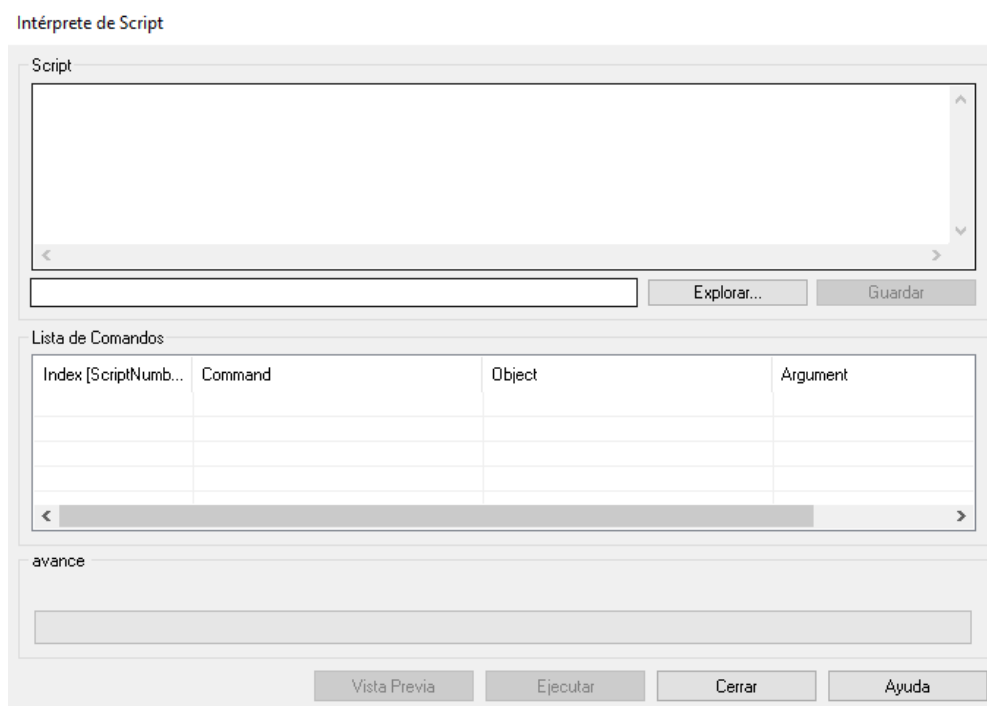


Figura 123. Ventana “Intérprete de Script”. Fuente: Elaboración Propia.

El Script puede ser guardado como archivo TXT para tenerlo guardado para futuras operaciones o trabajos. Para ello, simplemente hay que seleccionar **Explorar...** para especificar la ruta de guardado y luego **Guardar**.

La estructura básica del Script es la siguiente:

Objeto (Condiciones en la que está) Comando (... , función)

En la ayuda de Synchro viene una gran cantidad de posibles comando y funciones para introducir en el Script, pero en este documento simplemente se va a recoger los que van a ser necesarios para conseguir aplicarlo al caso de estudio.

Como existen Unidades de Obra que tienen diferentes unidades de medida, se va a establecer un script para cada una de las unidades de medida. Antes de realizar ninguna operación es conveniente saber las unidades de medida que van a tener cada una de las tareas.

Este procedimiento se puede aplicarse a todos los Objetos 3D importados que se les ha asignado algún Recurso 3D en el programa. Sin embargo, los objetos 3D a los que se le ha aplicado la técnica de Subdivisión 3D pierden las propiedades que se han importado, por lo que no se les pueden aplicar este procedimiento. Los grupos de recursos que se han creado en el programa también se ven afectados por esta pérdida de información.

Una forma de solventar este problema es introducir la medición a mano a través de la información que se obtiene del modelo de Revit en el caso de los grupos de recursos o mediante la técnica Medir para los que se han visto afectados por una subdivisión 3D.

5.8.1 Metros Cúbicos

5.8.1.1 Unidades de Obras a medir

A continuación, se establece las unidades de obras que van a ser medidas en metros cúbicos y que se van a ver afectadas por este tipo de Script. En este caso todos los recursos asociados a las tareas que componen las unidades de obra tienen el campo de usuario volumen en sus propiedades. Las tareas que se han creado en Synchro PRO con esta unidad de medida son las siguientes:

- Vaciado Fase 1 hasta cota -0,90
- Excavación de Zanja para muretes hasta Cota - 1,90
- Vaciado Fase 2 hasta cota -1,90
- Vaciado Fase 3 hasta cota -6,60
- Vaciado Fase 4 hasta cota -8,05
- Zapatas y vigas riostras entre zapatas

En este caso existen varios recursos que tienen este campo de usuario. Por tanto, habría que estimar la suma total de todos los volúmenes.

- Capa de enchado
- Losa de cimentación
- Relleno hasta zona de Urbanización desde cota -0,90 hasta +0,80

Una vez que se sabe perfectamente cuales son las tareas que se van a ver afectadas por el Script y tratamiento hay que realizarles, se seleccionan todas ellas. Como se puede observar en la **Figura 124**.

ID	Recursos 3D	Nombre	Duración
ST00950	(6)	▷ Ejecución de la Viga Perimetral	135d, 4h
ST00860	(54)	▷ Colocación de Puntales Provisionales entre Pantallas a cota -6....	136d, 1h
ST00870	(2)	◀ Vaciado Fase 4 hasta cota -8.05	179d, 5h
ST00900	1	Zona Portugal	30d, 3h
ST00910	1	Zona Cid	44d, 4h
ST00920	(216)	◀ Ejecución de la Cimentación	190d, 5h
ST00925	(212)	◀ Ejecución de las Zapatas y Vigas riostras entre zapatas	149d, 5h
ST01730	131	Zona Cid	1m
ST01720	81	Zona Portugal	1m
ST00980	(2)	◀ Capa de enchado	151d, 4h
ST01150	1	Zona Portugal	1d, 2h
ST01160	1	Zona Cid	1d, 7h
ST00990	(2)	◀ Losa de Cimentación	188d, 2h
ST01170	1	Zona Portugal	25d, 6h
ST01180	1	Zona Cid	38d
ST01000	(87)	▷ Colocación de Pilares Planta -2	162d, 3h
ST01030	(117)	▷ Colocación de las Vigas Prefabricadas Planta -2	162d, 3h
ST01060	(54)	▷ Retirada de Puntales de cota -6.50	162d, 3h
ST01070	(4)	▷ Forjado Planta -2	163d, 3h
ST01230	(87)	▷ Colocación de Pilares Planta -1	1m
ST01260	(54)	▷ Retirada de los Puntales de cota -1.50	1m
ST01290	(116)	▷ Colocación de Vigas Prefabricadas Planta -1	1m
ST01320	(4)	▷ Forjado Planta -1	1d, 1m
ST01420	(2)	◀ Relleno hasta zona de Urbanización desde -0.90 hasta +0.80	1m
ST01430	1	Zona Portugal	1m
ST01440	1	Zona Cid	1m
ST01450	(78)	▷ Elementos de comunicación vertical	35d, 11h

Figura 124. Selección de las tareas afectadas por el Script de metros cúbicos. Fuente: Elaboración Propia.

5.8.1.2 Script utilizado

El Script sería:

- **Objeto:** TASK(SELECTED) porque va a ser aplicado a todas las tareas seleccionadas que tienen esa unidad de medida.
- **Comando:** SET_PROPERTY (PHYSICALVOL_SH, "Cubic metre", para indicar que el lugar donde tiene que ser cargado es Cantidad Física y la unidad de medida asociada a esa cantidad.
- **Función:** SUM RESOURCE.UFV("[Cotas]Volumen"), para que cargue la suma de los valores del campo de usuario de tipo recurso que tiene ese nombre porque existen algunas tareas que tienen más de un recurso asignado.

Se selecciona **Vista Previa** para saber si toda la frase que se ha introducido está correctamente y se han encontrado coincidencias con las condiciones especificadas. Una vez que se comprueba que el Script funciona correctamente, se introduce el directorio para poder guardarlo donde se desee y se pulsa **Ejecutar**, para resolverlo definitivamente. Si está todo correcto en la Script ejecutado, aparece la palabra **modified**

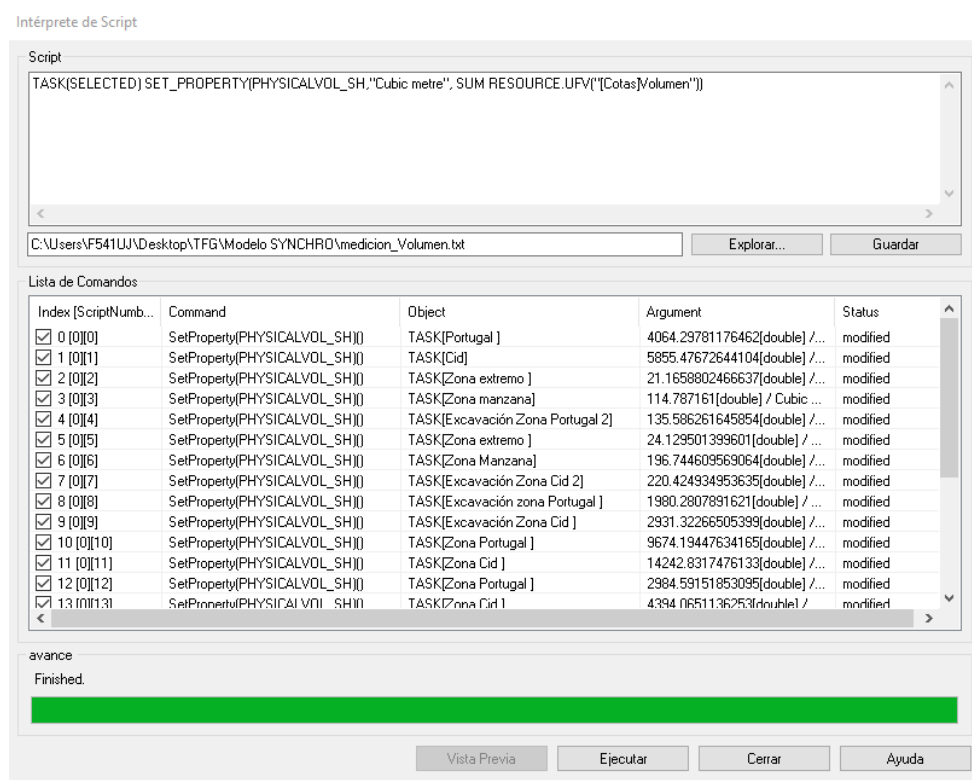


Figura 125. Ejecución del Script para los metros cúbicos. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en la **Figura 126**, Synchro ha introducido los valores de la suma de todos los volúmenes de los recursos asociados a esa tarea.

ID	Recursos 3D	Nombre	Cantidad Física	Unidad de Can...
ST00950	(6)	▷ Ejecución de la Viga Perimetral		
ST00860	(54)	▷ Colocación de Puntales Provisionales entre Pantallas a cota -6....		
ST00870	(2)	◀ Vaciado Fase 4 hasta cota -8.05		
ST00900	1	Zona Portugal	2,984.59	Metros Cúb...
ST00910	1	Zona Cid	4,394.07	Metros Cúb...
ST00920	(216)	◀ Ejecución de la Cimentación		
ST00925	(212)	◀ Ejecución de las Zapatas y Vigas riostras entre zapatas		
ST01730	131	Zona Cid	250.72	Metros Cúb...
ST01720	81	Zona Portugal	158.22	Metros Cúb...
ST00980	(2)	◀ Capa de enchachado		
ST01150	1	Zona Portugal	411.71	Metros Cúb...
ST01160	1	Zona Cid	606.20	Metros Cúb...
ST00990	(2)	◀ Losa de Cimentación		
ST01170	1	Zona Portugal	617.57	Metros Cúb...
ST01180	1	Zona Cid	909.15	Metros Cúb...
ST01000	(87)	▷ Colocación de Pilares Planta -2		
ST01030	(117)	▷ Colocación de las Vigas Prefabricadas Planta -2		
ST01060	(54)	▷ Retirada de Puntales de cota -6.50		
ST01070	(4)	▷ Forjado Planta -2		
ST01230	(87)	▷ Colocación de Pilares Planta -1		
ST01260	(54)	▷ Retirada de los Puntales de cota -1.50		
ST01290	(116)	▷ Colocación de Vigas Prefabricadas Planta -1		
ST01320	(4)	▷ Forjado Planta -1		
ST01420	(2)	◀ Relleno hasta zona de Urbanización desde -0.90 hasta +0.80		
ST01430	1	Zona Portugal	2,081.38	Metros Cúb...
ST01440	1	Zona Cid	2,949.70	Metros Cúb...
ST01450	(78)	▷ Elementos de comunicación vertical		

Figura 126. Resultado de la ejecución del Script para los metros cúbicos. Fuente: Elaboración Propia.

5.8.2 Metros Cuadrados

5.8.2.1 Unidades de Obra a medir

En este caso se exponen todas las unidades de obra que se van a medir en metros cuadrados. Sin embargo, no todas tienen el campo de usuario área en sus propiedades, ya que se ven afectadas por subdivisiones 3D o por grupos de recursos. Por tanto, no es tan automático como en el caso anterior. Las unidades de obras son:

- **Demolición desde Cota +1,30 hasta 0,80**

En este caso existen varios recursos asociados a esta tarea y se han agrupado en un único recurso por lo que carece de propiedades. Por tanto, se va a introducir la Cantidad Física a mano tras haber realizado a medición sobre el modelo de Revit.

- **Excavación de Pantallas**

En este caso existen recursos que se han formados por medio de una subdivisión 3D y tienen un valor nulo en el campo de usuario de área. Por tanto, se va a introducir el valor de este campo de usuario de las propiedades de recurso a mano previamente a la realización del Script.

- **Construcción de Pantallas**

En este caso hay que introducir un Script diferente al resto de las unidades de obra que se miden en metros cuadrados, ya que el valor del área que se ha importado de Revit es la del área en planta, como se puede observar en la **Figura 127**. Por tanto, se va a introducir el valor del área de muro pantalla a partir del volumen de cada uno de los módulos de pantalla.

Recurso Propiedades		
Usar Campo	Valor	Tipo
[Cotas]Área	1.23	Número
[Cotas]Volumen	22.25	Número

Figura 127. Propiedades de las pantallas importadas de Revit. Fuente: Elaboración Propia.

- **Ejecución de Forjado con placas alveolares**

Esta tarea tiene asociados recursos que se han formado por la agrupación de recursos por lo que carece también de todas las propiedades de recurso. Por tanto, se va a introducir el valor de la Cantidad Física a mano tras haber realizado la medición sobre el modelo de Revit.

- **Ejecución de forjado in situ**

No tiene ninguna problemática para aplicar el Script normalizado para metros cuadrados

- **Rampas**

En este caso existen varios recursos que tienen este campo de usuario. Por tanto, habría que estimar la suma total de todos los volúmenes.

- **Escaleras**

En este caso se ve afectado también por la agrupación de recursos. Por tanto, se va a introducir la Cantidad Física a mano tras haber realizado la medición en el modelo de Revit.

- **Acerado y Bordillos**

Esta tarea tiene varios recursos y se han agrupado en un único recurso, perdiendo todas sus propiedades. Por tanto, la Cantidad Física se va a introducir a mano tras haber realizado la medición en el modelo de Revit.

- **Firmes**

En este caso ocurre exactamente lo mismo que en el caso anterior y la Cantidad Física se va a introducir a mano tras haber realizado la medición en Revit.

Una vez que se sabe perfectamente cuales son las tareas que se van a ver afectadas por el Script y el tratamiento hay que realizarles, se seleccionan todas ellas.

5.8.2.2 Script utilizado

El script en este caso sería exactamente igual que el anterior, pero simplemente cambiando las unidades a “Sq Metre” y el campo de usuario a “[Cotas]Area”. En la **Figura 128** se muestra la frase que se ha introducido en el Script.

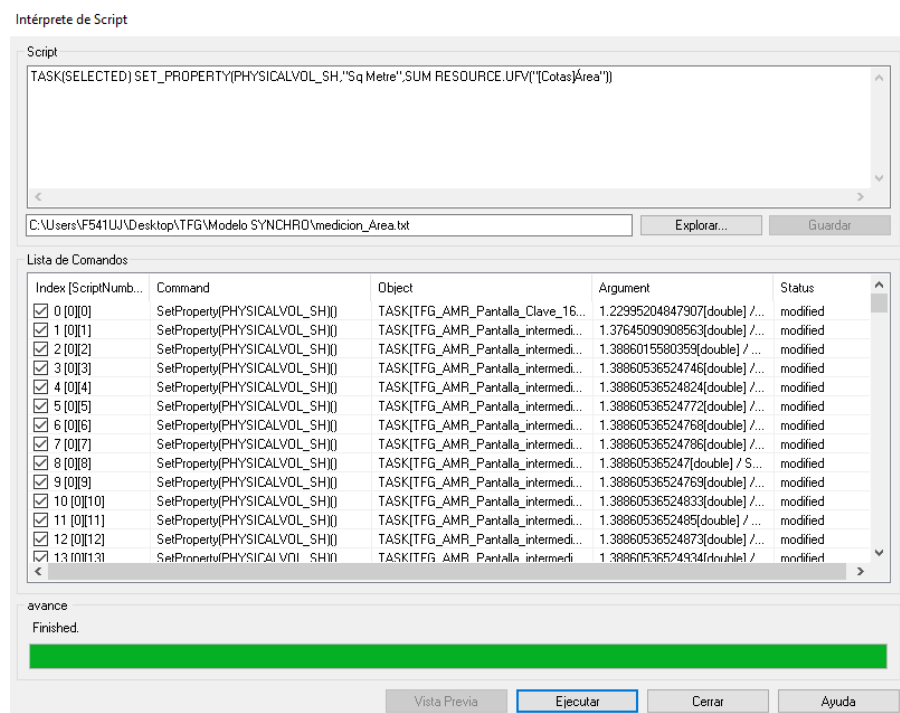


Figura 128. Ejecución del Script para los metros cuadrados. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en la **Figura 129**, Synchro ha rellenado los valores de Cantidad Física con la suma de las áreas de todos los recursos asociados a cada una de las tareas.

	ID	Recursos 3D	Nombre	Cantidad Física	Unidad de Can...
41	ST00690	(258)	▲ Construcción Pantallas		
42	ST00700	(51)	▲ Zona Cid Norte		
43	ST01840	1	TFG_AMR_Pantalla_Clave_168:TFG_AMR_Pantalla_C...	1.23	Metro Cua
44	ST01850	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.38	Metro Cua
45	ST01860	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
46	ST01870	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
47	ST01880	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
48	ST01890	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
49	ST01900	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
50	ST01910	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
51	ST01920	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
52	ST01930	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
53	ST01940	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
54	ST01950	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
55	ST01960	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
56	ST01970	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
57	ST01980	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
58	ST01990	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
59	ST02000	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
60	ST02010	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua
61	ST02020	1	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Panta...	1.39	Metro Cua

Figura 129. Resultado de la ejecución del Script para metros cuadrados. Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de este apartado se va a incluir también el Script que hay que introducir para poder conseguir la duración de la ejecución de cada uno de los módulos de pantalla.

En este caso el Script es igual que el anterior, pero cambiando la función SUM por la orden de cargar el valor del campo de usuario “[Cotas]Volumen” dividido por 0.6 m, que corresponde al espesor de la pantalla. Con este Script se consigue calcular el área de muro que corresponde a cada uno de los módulos de pantalla, usando los datos que se han importado de Revit.

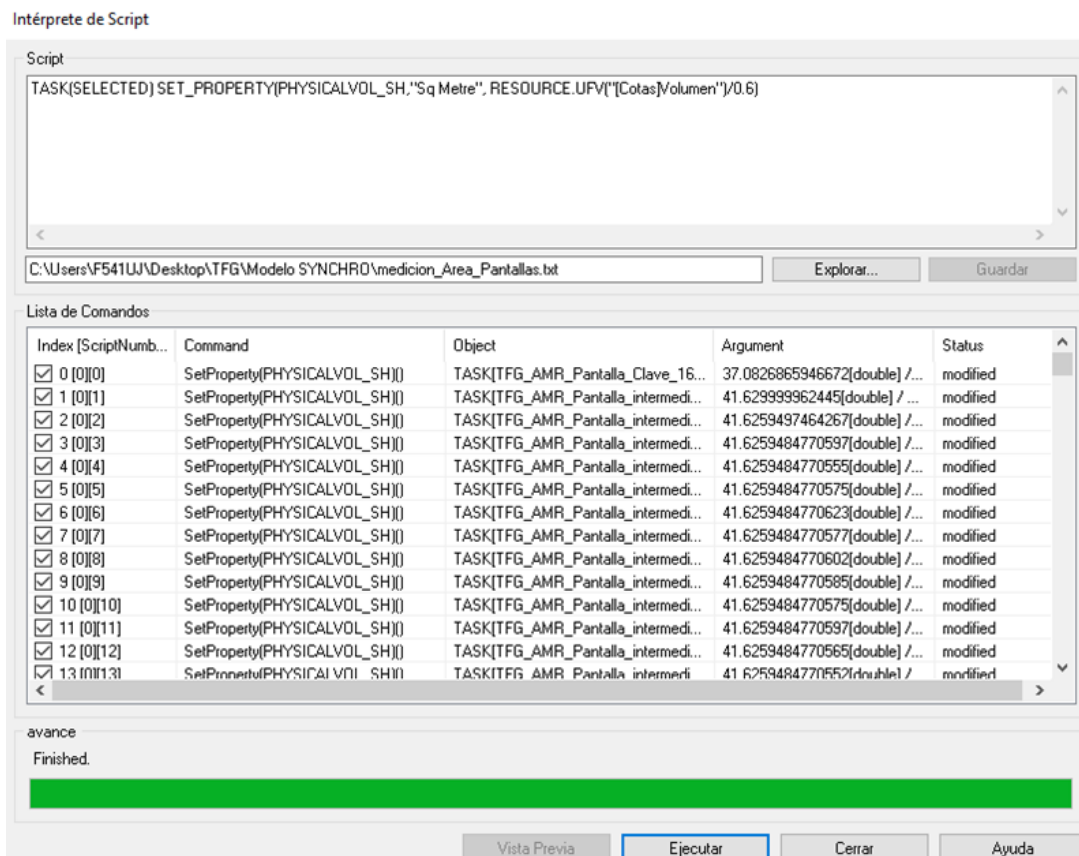


Figura 130. Ejecución del Script para las pantallas. Fuente: Elaboración Propia.

5.8.3 Metros

5.8.3.1 Unidades de Obra a medir

En este caso se exponen todas las unidades de obra que se van a medir en metros. Sin embargo, no todas tienen el campo de usuario área en sus propiedades, ya que se ven afectadas por grupos de recursos. Por tanto, el procedimiento a realizar difiere de los anteriores. Las unidades de obras son:

- **Cajón de Obras**

En ese caso la longitud se ha introducido a mano y se ha calculado multiplicando la longitud de un panel por el número total de paneles.

- **Construcción de Murete Guía**

En este caso se ha asociado a cada una de las tareas dos muretes debido a que la unidad de obra construye el doble murete, así que se va a introducir el mayor valor de longitud de ambos en la Cantidad Física. Además de eso, este caso también tiene la peculiaridad que hay algunos recursos que se han agrupado en un único recurso, perdiendo sus propiedades y obligando a introducir la Cantidad Física según la medición del modelo de Revit.

- **Demolición Muretes y Cabecera**

En este caso se ha asociado a cada una de las tareas dos muretes debido a que la unidad de obra demuele el doble murete y, además, tiene la particularidad que algunos recursos se han agrupado en un único recurso. Por tanto, la Cantidad Física se va a introducir utilizando los mismos procedimientos que en el caso anterior.

- **Construcción de Viga de Coronación**

En este caso existen algunos recursos que se han agrupado en un único recurso perdiendo sus propiedades. Por tanto, en esos recursos se ha procedido a introducir la Cantidad Física a mano tras haber realizado la medición en el modelo de Revit

- **Ejecución de la Viga Perimetral**

En este caso ocurre exactamente lo mismo que en el caso anterior, así que se ha introducido la Cantidad Física a mano con la medición obtenida del modelo de Revit.

Una vez que se sabe perfectamente cuales son las tareas que se van a ver afectadas por el Script y el tratamiento hay que realizarles, se seleccionan todas ellas. La selección se expone en **Figura 131**.

ID	Recursos 3D	Nombre	Cantidad Física	Unidad de Can...
ST00050	(3)	▷ Demolición desde Cota +1.30 hasta +0.80		
ST00060	(2)	▷ Vaciado Fase 1 hasta cota -0.90		
ST00065	(16)	◀ Ejecución de Muretes Guía		
ST00070	(6)	▷ Excavación de Zanja para muretes hasta Cota -1.90		
ST00080	(10)	◀ Construcción murete I/ E, F, H, D		
ST00140	(4)	◀ Zona Portugal 1		
ST00450	2	Zona extremo	0.00	Metros
ST00460	2	Zona manzana	0.00	Metros
ST00150	2	Zona Portugal 2	0.00	Metros
ST00380	(3)	◀ Zona Cid 1		
ST00470	2	Zona Extremo	0.00	Metros
ST00480	1	Zona manzana	0.00	Metros
ST00560	1	Zona Cid 2	0.00	Metros
ST00160	(266)	▷ Ejecución de las Pantallas		
ST00210	(12)	▷ Vaciado Fase 2 hasta cota -1.90		

Figura 131. Selección de las tareas afectadas por el Script metros. Fuente: Elaboración Propia.

5.8.3.2 Script utilizado

El Script en este caso tendría la misma estructura que en los anteriores, pero cambiando la unidad de medida a “Metre” y la función SUM por la función MAX para obtener el valor máximo de la longitud de los recursos que tienen asignados las tareas. Por tanto, el Script queda como el que se muestra en **Figura 132**.

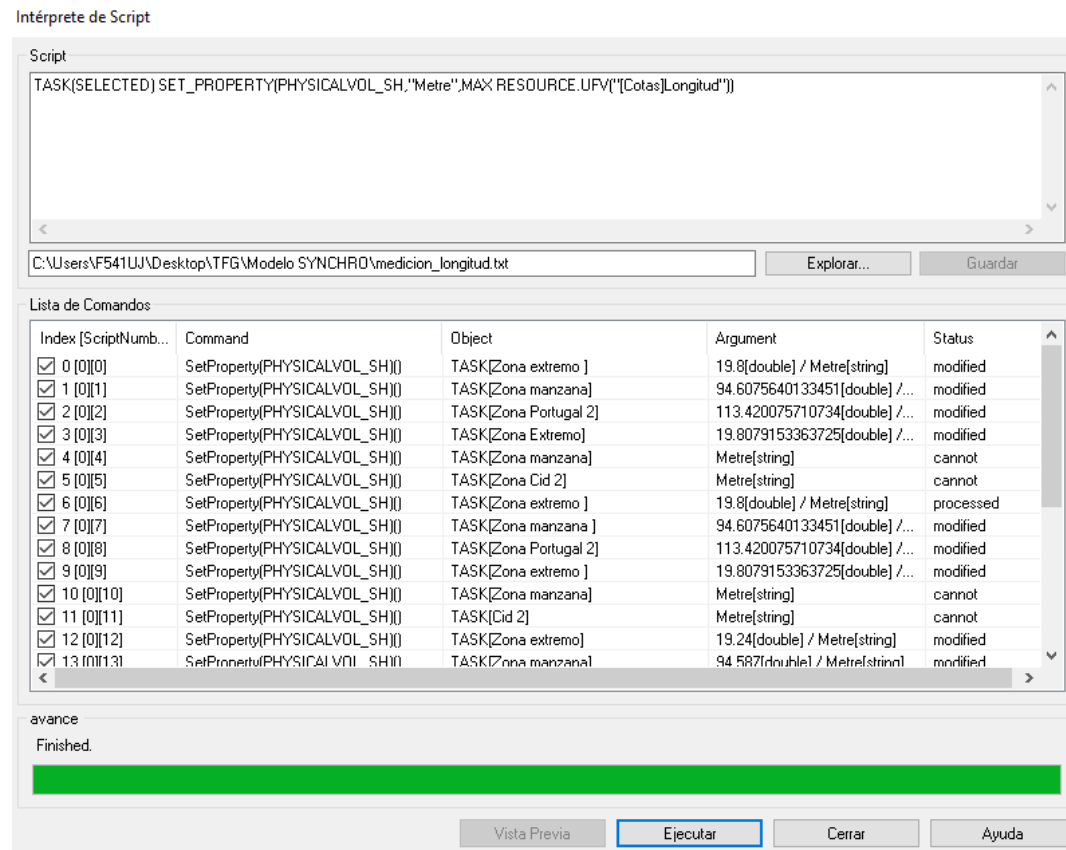


Figura 132. Ejecución del Script para los metros. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en la **Figura 133**, se ha rellenado la columna de la Cantidad Física con los máximos valores del campo de usuario de longitud de recursos asociados a esas tareas a excepción de los recursos que están agrupados en un único recurso. Estos valores que faltan se van a introducir a mano como se ha comentado anteriormente.

ID	Recursos 3D	Nombre	Cantidad Física	Unidad de Can...
ST00050	(3)	▷ Demolición desde Cota +1.30 hasta +0.80		
ST00060	(2)	▷ Vaciado Fase 1 hasta cota -0.90		
ST00065	(16)	▲ Ejecución de Muretes Guía		
ST00070	(6)	▷ Excavación de Zanja para muretes hasta Cota -1.90		
ST00080	(10)	▲ Construcción murete i/ E, F, H, D		
ST00140	(4)	▲ Zona Portugal 1		
ST00450	2	Zona extremo	19.80	Metros
ST00460	2	Zona manzana	94.61	Metros
ST00150	2	Zona Portugal 2	113.42	Metros
ST00380	(3)	▲ Zona Cid 1		
ST00470	2	Zona Extremo	19.81	Metros
ST00480	1	Zona manzana	0.00	Metros
ST00560	1	Zona Cid 2	0.00	Metros
ST00160	(266)	▷ Ejecución de las Pantallas		
ST00210	(12)	▲ Vaciado Fase 2 hasta cota -1.90		

Figura 133. Resultado de la ejecución del Script para metros. Fuente: Elaboración Propia.

5.8.4 Unidad

5.8.4.1 Unidades de Obra a medir

Este caso es el más especial de todos, ya que no existe el campo de usuario que contenga esta unidad por lo que se va a tener que crear un nuevo campo de usuario y luego se ejecutará el Script. Las unidades de obra son:

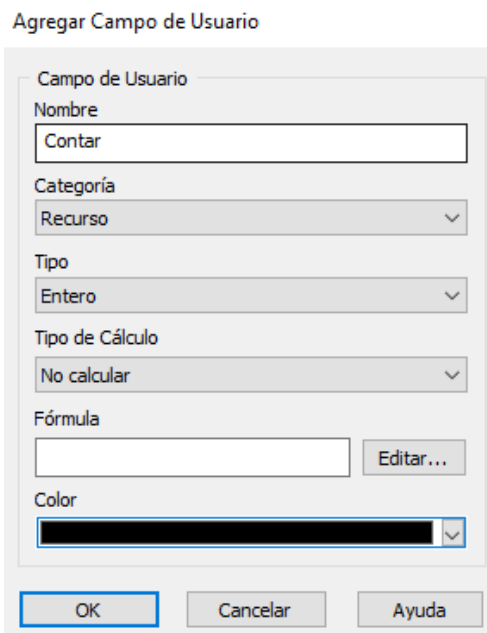
- Colocación de Puntales Provisionales entre Pantallas a cota -1,50
- Colocación de Puntales Provisionales entre Pantallas a cota -6,50
- Colocación de Pilares Planta -2
- Colocación de las Vigas Prefabricadas planta -2
- Retirada de Puntales de cota -6,50
- Colocación de Pilares Planta -1
- Retirada de Puntales de cota -1,50
- Colocación de Vigas Prefabricadas Planta -1

5.8.4.2 Script utilizado

En las anteriores unidades de medida se expresó que la propiedad de volumen, área o longitud se habían transferido a los campos de usuario de los recursos y se podían cargar en **Cantidad Física** de la tarea. Sin embargo, no existe ningún campo de usuario que permita hacer un recuento del número de vigas o pilares que se vayan a instalar en la construcción. Por tanto, se va a crear un campo de usuario llamado “Contar” con valor 1, como se puede observar en la *Figura 134*, para poder hacer el recuento de cada uno de los recursos que tiene asociado la tarea.

El Campo de Usuario se crea a través de **Analizar > Campos de Usuario**, en donde se crea un nuevo campo de usuario de tipo Recurso llamado “Contar”

Agregar Campo de Usuario



Campo de Usuario

Nombre
Contar

Categoría
Recurso

Tipo
Entero

Tipo de Cálculo
No calcular

Fórmula
 Editar...

Color
[Black color bar]

OK Cancelar Ayuda

Figura 134. Creación del Campo de Usuario “Contar”. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez creado de usuario, se seleccionan todos los recursos a los que se le quiere introducir dicho campo de usuario, que en este caso sería los recursos asignados a las tareas que se han mencionado en el apartado anterior, *Figura 135*. Y a continuación, se pulsa botón derecho en el campo de usuario y se selecciona **Asignar a Seleccionados**, *Figura 136*. El último paso sería introducir el valor unitario en dicho campo de usuario.

ID	Recursos 3D	Nombre	Cantidad Física	Unidad de Can...
ST00800	(54)	Colocación de Puntos Provisionales entre Pantallas a cota -1....		
ST00830	22	Zona Portugal	0.00	Cada
ST00940	32	Zona Cid	0.00	Cada
ST00810	(2)	Vaciado Fase 3 hasta cota -6.60		
ST00950	(6)	Ejecución de la Viga Perimetral		
ST00860	(54)	Colocación de Puntos Provisionales entre Pantallas a cota -6....		
ST00880	22	Zona Portugal	0.00	Cada
ST00890	32	Zona Cid	0.00	Cada
ST00870	(2)	Vaciado Fase 4 hasta cota -8.05		
ST00920	(216)	Ejecución de la Cimentación		
ST01000	(87)	Colocación de Pilares Planta -2		
ST01010	34	Zona Portugal	0.00	Cada
ST01020	53	Zona Cid	0.00	Cada
ST01030	(117)	Colocación de las Vigas Prefabricadas Planta -2		
ST01040	48	Zona Portugal	0.00	Cada

Figura 135. Selección de las tareas para aplicarles el campo de usuario. Fuente: Elaboración Propia.

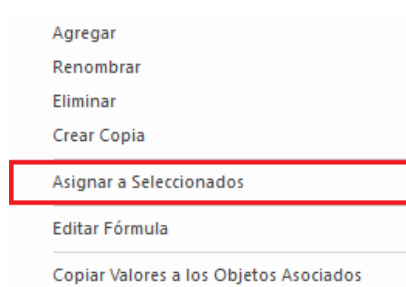


Figura 136. Asignación del Campo de Usuario a los recursos seleccionados. Fuente: Elaboración Propia.

Con las tareas seleccionadas, se procede a la ejecución del Script que en este caso la unidad de medida es “Each” y la función va a ser la suma de los valores del campo de usuario “Contar”. El Script queda como el que se muestra en la **Figura 137**.

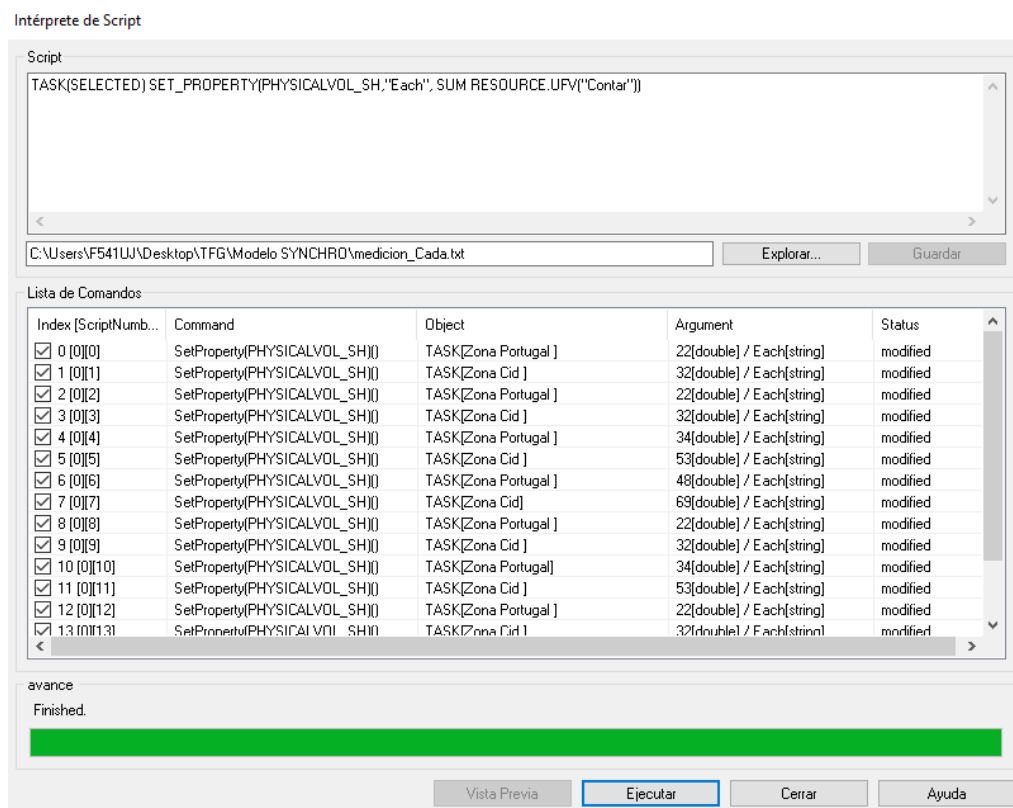


Figura 137. Ejecución del Script para las unidades. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en **Figura 138**, se ha rellenado la columna de la Cantidad Física con la suma del número de recursos que tienen asignados cada una de las tareas sin ninguna complicación.

ID	Recursos 3D	Nombre	Cantidad Física	Unidad de Can...
ST00800	(54)	▲ Colocación de Puntales Provisionales entre Pantallas a cota -1....		
ST00830	22	Zona Portugal	22.00	Cada
ST00940	32	Zona Cid	32.00	Cada
ST00810	(2)	▷ Vaciado Fase 3 hasta cota -6.60		
ST00950	(6)	▷ Ejecución de la Viga Perimetral		
ST00860	(54)	▲ Colocación de Puntales Provisionales entre Pantallas a cota -6....		
ST00880	22	Zona Portugal	22.00	Cada
ST00890	32	Zona Cid	32.00	Cada
ST00870	(2)	▷ Vaciado Fase 4 hasta cota -8.05		
ST00920	(216)	▷ Ejecución de la Cimentación		
ST01000	(87)	▲ Colocación de Pilares Planta -2		
ST01010	34	Zona Portugal	34.00	Cada
ST01020	53	Zona Cid	53.00	Cada
ST01030	(117)	▲ Colocación de las Vigas Prefabricadas Planta -2		
ST01040	48	Zona Portugal	48.00	Cada
ST01050	50	Zona Cid	50.00	Cada

Figura 138. Resultado de la ejecución del Script para las unidades. Fuente: Elaboración Propia.

5.9 Introducción de maquinaria

La herramienta Synchro PRO tiene la posibilidad de introducir la maquinaria para la simulación del movimiento de las mismas mediante la incorporación de objetos 3D de la maquinaria en **formato .dwf** que son asociados a cada una de las tareas.

Estos objetos 3D se obtienen gratuitamente de la Biblioteca de Equipo de la web de Synchro (<https://www.synchrold.com/equipment-library/>) o haciendo clic en el icono **Biblioteca de Equipo** en la ventana **Soporte**. Estos objetos 3D están organizados mediante un documento a modo de catálogo.

Se ha encontrado la gran mayoría de la maquinaria que hace falta para la ejecución de la obra e incluso algunas instalaciones auxiliares de obra, como pueden ser:

- Grúas de diferentes tipologías.
- Excavadoras sobre ruedas y sobre cadenas.
- Camiones hormigoneras de diferentes tamaños y diseños.
- Camión cisterna.
- Compactadoras.
- Camiones y dúmperes de transporte de material
- Casetas de obra
- Señalización

Sin embargo, dado el carácter docente de este trabajo, se ha decidido que únicamente se van a introducir los objetos que representan la caseta de obra y los baños. Cabe destacar que la introducción de esta maquinaria tiene únicamente un carácter visual y que la inclusión de esta requiere un proceso muy mecanizado, pero a la vez muy lento, suponiendo un coste de horas de trabajo académico muy elevado para los beneficios obtenidos.

La metodología teórica para realizar la vinculación de la maquinaria a las diferentes tareas, siguiendo las directrices de D. Sergi Ferrater Gabarró [53], queda recogida en las siguientes líneas:

1. Elección en el catálogo del Objeto 3D que se ajuste a las necesidades del planificador, ya que pueden existir varios modelos para esa máquina.
2. Importación del equipamiento con el mismo procedimiento que se ha utilizado para la importación de otros sólidos 3D, es decir, teniendo en cuenta el nivel de desglose que se le va a imponer al recurso que se está creando. Este paso es importante, ya que existen equipamientos que es conveniente desglosarlo como puede ser la grúa, con el objetivo de hacer que alguna de las partes gire diferente a la otras.
3. Definición del perfil de aspecto para la maquinaria para determinar el instante de actuación de la maquinaria. Suele ser un perfil de aspecto de tipo Temporal, ya que sólo va a visualizarse durante el transcurso de la obra al completo o de cierta tarea.
4. Edición de los objetos mediante las herramientas Alinear, Trasladar, Rotar y Escalar de la ventana de **Propiedades 3D** del objeto seleccionado o mediante los manipuladores simple, avanzado o con ajuste del elemento que se pueden encontrar en el menú **3D > Transformar**.
5. Creación de una ruta 3D dinámica o estática. La ruta dinámica representa el movimiento de la máquina en el espacio. La ruta estática representa el movimiento de alguna parte de la maquina respecto a otra, por el ejemplo, el giro de la grúa torre respecto a su eje. Como se ha comentado en el punto de importación, si el objeto va a tener una ruta estática, es conveniente realizar la importación como árbol, es decir, con el desglose de niveles suficiente para poder representar el movimiento de la pluma respecto a la torre.
6. Asignación de la ruta 3D de cada equipo a la tarea para poder hacer la simulación del movimiento.

En la **Figura 139**, se puede observar un ejemplo del resultado que se consigue con la inclusión de la excavadora durante la simulación del movimiento de tierras.

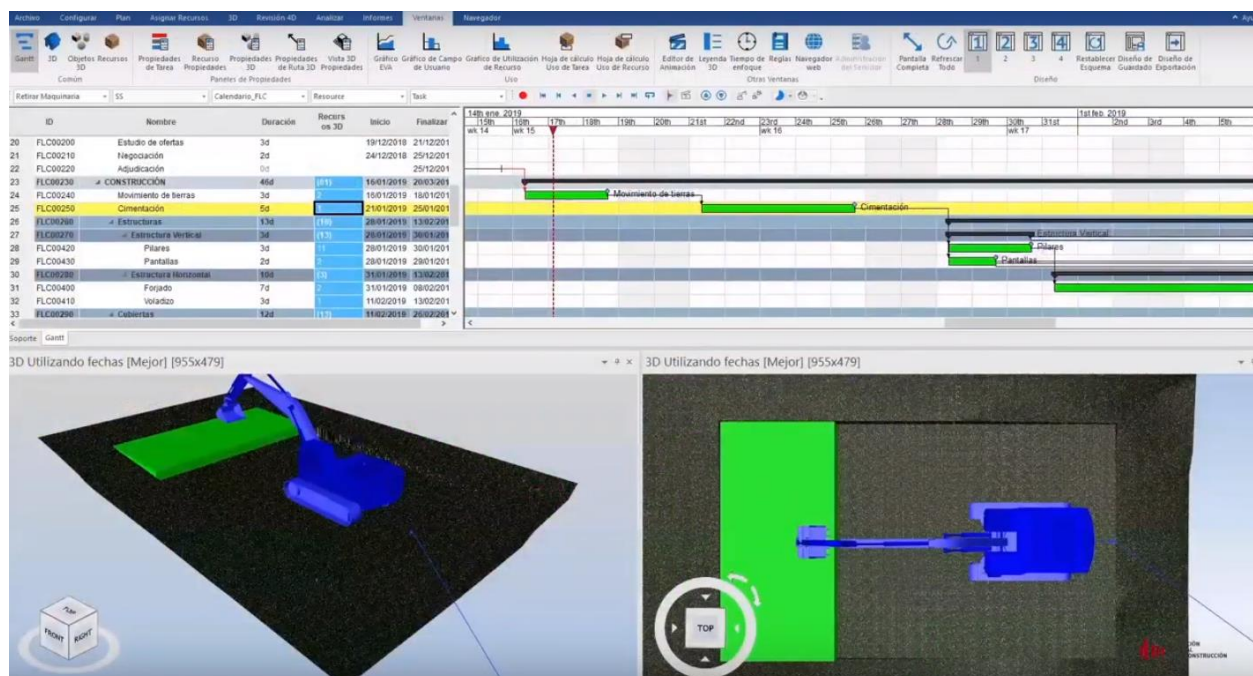


Figura 139. Inclusión de maquinaria a una tarea. Fuente: Fundación Laboral de la Construcción

6 RESULTADOS

En este capítulo se van a presentar los resultados obtenidos del modelo BIM 4D.

6.1 Programa de Obra con Análisis EVA

En el **ANEJO 5. PROGRAMA DE OBRA** se adjunta el Diagrama de Gantt correspondiente a la programación de obras que se ha realizado con la herramienta BIM 4D.

Uno de los aspectos más importantes que ofrece Synchro es el seguimiento de la obra mediante un análisis económico a través de las principales variables que componen al método EVA, controlando en todo momento si el coste, el cronograma y el trabajo realizado está cumpliendo con lo planificado. Los gráficos generados por dicho análisis deberían de ser uno de los documentos a presentar cuando se van a realizar el control y seguimiento de la obra.

Para mostrar el gráfico del EVA en Synchro se tiene que haber asignado costes a las tareas o a los recursos de las mismas. En este caso no se ha realizado debido a que el modelo BIM 3D que se ha importado no tenía incluido el parámetro coste en sus elementos. Esta es una de las especificaciones que debe tener un modelo BIM 3D para realizar un análisis económico de la ejecución de la obra.

Como en este trabajo de investigación no se ha podido realizar el análisis EVA, se propone este aspecto como una de las líneas de trabajo que podrían desarrollar las próximas investigaciones relacionadas con la metodología BIM.

6.2 Simulaciones de la ejecución de obras

Si uno de los principales potenciales de Revit era la **Caja de sección** que permitía hacer secciones en tiempo real del modelo, en Synchro PRO el elemento fundamental es la línea de **Tiempo de Enfoque** del Diagrama de Gantt. Esta línea es la que conecta al Diagrama de Gantt con la Ventana 3D, es decir, dependiendo de la fecha en la que se encuentre situada la línea, la ventana 3D muestra o dejar de mostrar los diferentes Recursos 3D que tienen asociadas las tareas del diagrama.

Con el **Tiempo de Enfoque** se pueden detectar errores de asignación de recursos a tareas, ya que, si la línea de tiempo se ha colocada antes de una tarea que tiene función de instalar, ese recurso 3D desaparecerá de la ventana. Por tanto, con una simple mirada se puede controlar en todo momento lo que se está asociando.

Las simulaciones de la ejecución de obras permiten realizar lo que se llama **planificación visual**, que consiste en realizar tantas simulaciones como sea necesario, variando enlaces entre tareas, duraciones, rendimientos, desfases, etc.

Con este concepto se llega al siguiente nivel en la planificación de la obra, ya que se consigue un gran número simulaciones con un coste computacional y de tiempo reducido, optimizando los resultados obtenidos gracias al grado de precisión que se puede aplicar.

A continuación, se adjunta una simulación del proceso constructivo que se ha obtenido a partir de la herramienta BIM 4D Synchro PRO. Para poder acceder a ella hay que pinchar en la **Figura 140**.

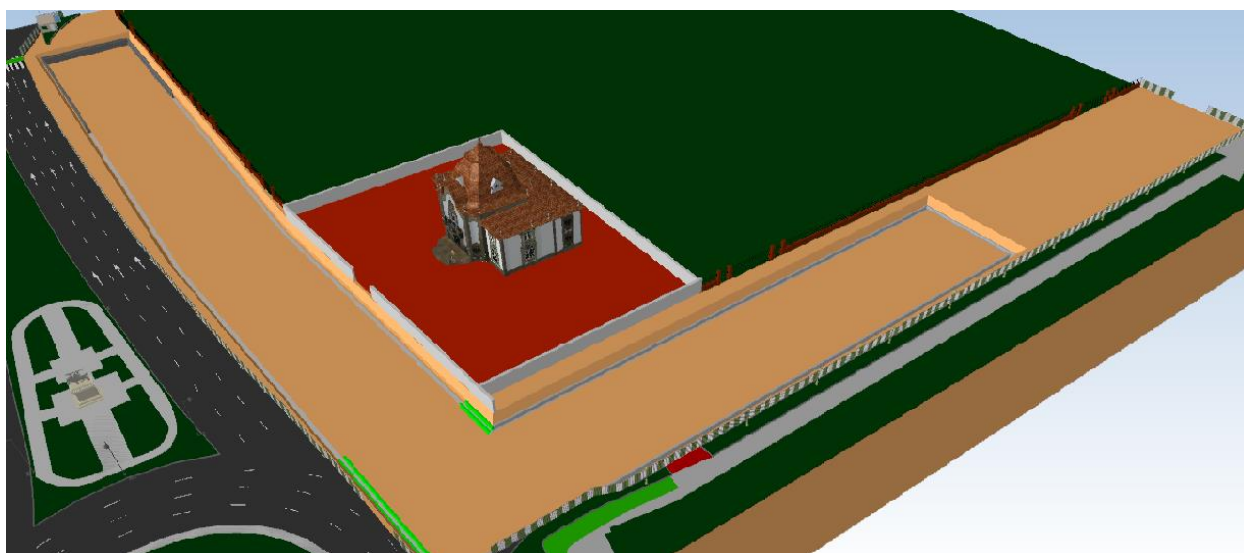


Figura 140. Simulación de la ejecución de la obra. Fuente: Elaboración Propia.

6.3 Comparación de resultados con la planificación de Proyecto

En este apartado se puede hacer una reflexión sobre el cambio en cuanto a plazos que supone la aplicación de la metodología BIM a la planificación de las obras.

En el proyecto de referencia realizado por el ingeniero D. Juan Peña Sancho se obtuvo un plazo de tiempo estimado para la ejecución total de las obras de 16 meses. En comparación, el plazo de ejecución de las obras estimado en este trabajo mediante la planificación BIM 4D ha sido de 24 meses y medio.

En cuanto a los plazos parciales también se pueden observar ciertas diferencias entre las dos programaciones. Desde un punto general, las actividades a realizar están más desglosadas en el nuevo Plan de Obra que en el del proyecto de referencia.

Las demoliciones que se recogen en el Plan de Obra de referencia tienen una duración de 1 mes, igualándose con la planificación de obras realizada con la herramienta BIM 4D.

Una de las diferencias importantes se establece en el muro pantalla, ya que se ha estimado que se va a realizar en unos 5 meses y anteriormente estaba recogido que se ejecutaba en unos dos meses. Esto se debe al desglose realizado en esta nueva planificación BIM 4D.

En el Plan de obra del proyecto de referencia se recoge que el vaciado hasta la cota de cimentación se realiza en un plazo de 2 meses. Sin embargo, en el listado de actividades que se han incluido en la herramienta BIM 4D el plazo de ejecución se ha estimado en 11 meses, incluyendo todas las fases de vaciado y cada una de las actividades que hay que realizar entre ellas.

Como otras de las grandes actividades se puede mencionar la cimentación, la cual es ejecutada en 4 meses con el nuevo Plan de obra

La actividad Forjados y Estructuras del Plan de Obra del proyecto está estimada que se realizaría en un plazo de 3 meses. En la nueva planificación esta actividad tan general se ha desglosado en varias actividades más específicas, sumándolas todas se llega a un plazo de ejecución de 4 meses.

Por último, la urbanización de la superficie, incluyendo el relleno hasta la cota de la ejecución de los firmes, se había establecido que se ejecutaba en 5 meses. En cambio, en la nueva planificación con herramientas BIM 4D se ha estimado un plazo de ejecución de unos 4 meses.

7 CONCLUSIONES

Tras las investigaciones realizadas y el conocimiento adquirido tanto en las técnicas de programación de obras, así como de la metodología BIM en las dimensiones de modelado BIM 3D y la de planificación de obra con modelos BIM 4D, se pretende en este epígrafe establecer las conclusiones obtenidas sobre las siguientes cuestiones.

I. Referentes al diseño (Modelo BIM 3D)

Necesidad del conocimiento técnico en las labores de diseño

El modelador BIM 3D debe tener un alto conocimiento técnico sobre arquitectura e ingeniería, ya que durante el modelado se van a presentar innumerables dudas técnicas que va a tener que resolver. Es un hecho que de nada sirve tener el conocimiento del programa si luego los diseños no son coherentes con la realidad constructiva. Si se une el conocimiento y la experiencia técnica con el buen conocimiento del programa, se pueden llegar a resultados increíblemente sorprendentes.

Dificultad para encontrar familias para la ingeniería civil

Además de las familias que vienen integradas por defecto en la biblioteca de Revit, existen innumerables páginas web que ofrecen todo tipo de familias. Sin embargo, se puede observar una vez más que, por el momento, el desarrollo BIM está enfocado a la disciplina de Arquitectura, no teniendo desarrollo en la disciplina de Ingeniería civil. En este trabajo, se ha verificado la afirmación anterior, ya que la gran mayoría de las familias que se encuentran en la red y en los catálogos de los fabricantes son de elementos constructivos arquitectónicos.

Importancia de modelar para planificar

Para que un modelo BIM 3D pueda simular su ejecución de obra dicho modelo debe estar diseñado teniendo presente la **constructibilidad del modelo** en la vida real y la futura planificación que se vaya a realizar. Toda la información que se genere en esta fase de diseño es vital para la comodidad del futuro flujo de trabajo del planificador y, sobre todo, para la exitosa simulación y presentación de la obra.

Importancia de modelar para realizar un análisis económico

Uno de los aspectos importantes en un modelo BIM 3D, al que posteriormente se le va a realizar un análisis de seguimiento económico de la obra, es que el parámetro coste debe estar completamente implementado en las propiedades de cada una de las familias. Este parámetro es esencial para hacer un análisis económico EVA de Synchro y para una posible conexión con un programa de mediciones y presupuesto como Presto.

Necesidad del trabajo con fases de Revit

Se ha especificado que las **fases** son la forma de controlar el tiempo en Revit. En este trabajo se ha podido comprobar, ya que el trabajo por fases ha permitido modelar el antes, el durante y el después de la construcción en el mismo modelo y con un flujo de trabajo muy cómodo. Sin embargo, en la **exportación a IFC se ha podido detectar que estas fases no se transmiten en forma de parámetros**, teniéndose que generar varios archivos **IFC debido a este motivo**. No obstante, las fases de Revit son una gran ventaja desde el punto de vista del modelador.

II. Referentes a la planificación (Modelo BIM 4D)

Necesidad del conocimiento de los métodos de planificación tradicional

La manera de planificar mediante la tecnología BIM tiene su base en las diferentes técnicas de planificación que se han venido utilizado en el sector AEC. Eso quiere decir que las diferentes herramientas computacionales que se utilizan en la actualidad llevan asociados conceptos como enlaces entre tareas, holguras, camino crítico, rendimientos de obra, etc. Por tanto, antes de comenzar una planificación BIM 4D, el ingeniero civil debería tener la experiencia suficiente en obra y sobre el papel para poder sacarle el máximo rendimiento a las nuevas y avanzadas herramientas que ofrece la tecnología BIM.

Importancia de la experiencia acumulada con el software BIM 4D

Cuando un planificador BIM 4D recibe un modelo BIM 3D para planificarlo, la experiencia sobre modelos BIM 3D es un aspecto muy importante debido a que puede que el modelo no llegue con las especificaciones exactas que debería tener. Por tanto, es labor del planificador testear el modelo BIM 3D, tantear las posibles posibilidades de arreglo y comunicar las medidas correctoras al modelador BIM 3D.

Interoperabilidad del IFC

En lo que se refiere a la interoperabilidad del formato IFC con el software Synchro PRO y, haciendo hincapié en todo lo que se ha comentado respecto a este tema a lo largo de este documento, **no resulta del todo óptima como sería necesario**. Es cierto que no se ha producido pérdida de información, pero sí que se ha detectado una **desorganización de los parámetros importados**, una **nomenclatura relativamente confusa** y una **pérdida de colores y textura**, provocando pérdida de tiempo y de atención en labores que no son propia del planificador.

Necesidad realizar importaciones mediante el plugin de Synchro: en el caso de estudio no se ha llegado a comprobar los resultados de la importación a través del plug-in que ofrece Synchro para Revit debido a problemas técnicos de compatibilidad de versiones entre programas. Sin embargo, existen muchas fuentes que citan que el intercambio de información resulta óptimo. Teniendo en cuenta la mala experiencia que se ha tenido con el IFC, trabajando con Revit y Synchro, hace que la filosofía de formato estándar común de la metodología BIM necesite un trabajo profundo de mejora en este esencial punto de la interoperabilidad.

Importancia de las técnicas que permiten hacer modificaciones en el modelo BIM 4D

Una de las ventajas que tiene Synchro PRO es la posibilidad de hacer modificaciones sobre un modelo 3D que no se ha recibido con las especificaciones adecuadas. Técnicas o herramientas de modificación como pueden ser la **Subdivisión 3D**, la **Agrupación de Recursos 3D** y el **Script** de Synchro, consiguen excelentes resultados que pueden salvar los errores de modelado 3D para hacer viable la planificación del modelo BIM 4D. Aunque estas soluciones son para casos aislados y debe ser función del BIM Manager evitar que se llegue a estos errores al responsable del modelo BIM 3D.

Mejoras a realizar en el software

En relación con la conclusión anterior, existen ciertas problemáticas al respecto. Durante la planificación del modelo con Synchro PRO se ha detectado una serie de carencias que hacen que el flujo de trabajo sea más lento y que el manejo de la información sea incierto. Tal y como se ha comentado a lo largo del documento, la aplicación de técnicas de modificación como la Subdivisión 3D o la Agrupación de Recursos 3D supone una pérdida de las propiedades que se habían importado con el modelo BIM 3D, complicando el flujo de trabajo. A este aspecto se une el uso del Script para la reorganización de la información, que presenta una buena solución a la problemática, pero no deja de ser una solución que a veces no es fácil de aplicar.

Potencia de la simulación para detectar errores de planificación

La inclusión de la posibilidad de hacer **simulaciones espaciales de la ejecución de la obra** de forma instantánea (en tiempo real) hace que esta herramienta BIM la potencialidad de detectar errores de planificación, proporcionando un reducido tiempo de trabajo. Estos errores no se podrían haber detectado con los métodos de planificación que se venían desarrollando hasta hace poco. Este proceso permite optimizar, antes de comenzar la obra, el plazo y los costes derivados provocados por una mala planificación.

Potencia de la presentación de la planificación

En muchas ocasiones es importante tener buen material para poder vender el producto. La animación 4D de Synchro permite realizar presentaciones de videos en los que se pueden incluir imágenes desde una visión más global del proyecto hasta detalles concretos. Este aspecto es muy reseñable, ya que para ser un software que no se dedica exclusivamente a la creación de videos, presenta soluciones bastante adecuadas

8 FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Tras el estudio de la metodología BIM y el desarrollo de la programación BIM 4D realizado en el presente TFG, se propone continuar esta investigación, con las líneas de trabajo que se destacan a continuación.

I. Referentes al Diseño (Modelos BIM 3D)

Mejorar la topografía del modelo

Existen diferentes formas de modelar la topografía en Revit. En el modelo realizado se ha decidido modelar la topografía mediante masas in situ, cuya solución es válida para el carácter docente de este documento. Sin embargo, cabe la posibilidad de realizar la topografía con las curvas de nivel reales para darle un carácter más profesional al modelo.

Posibilidad de incorporar nuevos elementos

En este trabajo se han modelado los distintos elementos y familias meramente necesarios para que la planificación de la obra fuera visual, es decir, se ha alcanzado la estructura y la superficie, dejándose un poco de lado la parte más arquitectónica que si estaba proyectada en el documento de referencia.

Realización del modelo de instalaciones

Aunque en el modelo BIM 3D no se han incluido, en el proyecto de referencia si se habían diseñado las instalaciones de agua, ventilación y electricidad. Se propone la realización del modelo MEP del modelo ya realizado.

Realización del modelo estructural

El autor del proyecto de referencia había realizado un análisis estructural mediante la herramienta Robot Estructural Analysis. Debido a que Revit tiene una conexión directa con dicho programa de análisis estructural, se propone la elaboración del modelo estructural del modelo ya realizado y su posterior conexión con el mismo, con el objetivo de hacer las comprobaciones estructurales con los cambios realizados en el diseño.

Mejora del nivel de información

Se propone dotar a las familias realizadas una mayor información mediante parámetros como la marca, el fabricante, el coste o la resistencia del material.

Elaboración de familias parametrizables

En el modelo realizado se han creado un gran número de familias para cada uno de elementos que se querían representar. Este número podría ser reducido mediante la creación de familias parametrizables en las que descomponen en diferentes tipos variando alguna dimensión del elemento.

II. Referentes a la Planificación de la Obra (Modelos BIM 4D)

Simulación de los equipos de producción

Incluir en el modelo BIM 4D la simulación de los equipos de producción de las unidades de obra que componen la infraestructura nodal abordada en el presente trabajo, con el objetivo de mejorar el análisis de las interferencias derivadas de los ciclos productivos, así como de completar el impacto visual que supone la simulación ya realizada.

Aplicar la herramienta de detección de colisiones

Al igual que muchos softwares BIM, Synchro también tiene implementada una herramienta de detección de colisiones estáticas y dinámicas. En el caso de estudio no se ha incluido este análisis debido a la carga de contenido docente que ya tenía el mismo. Por tanto, se propone la utilización de esta herramienta aplicada a este modelo como una futura línea de trabajo.

Estudiar una alternativa al Script para introducir las mediciones

Las duraciones de las tareas del modelo BIM 4D que se ha planificado han sido calculadas a partir de la opción de Synchro llamada Dependiente de Cantidad Física, cuyo parámetro representa la medición del Recurso 3D que se le asocia a la tarea. Dicha medición se ha transferido correctamente desde el modelo BIM 3D, pero en un lugar diferente al parámetro que realiza el cálculo de las duraciones. Esta problemática se ha solventado con el Script de Synchro. Sin embargo, se debería de estudiar otra forma de realizar este cálculo sin tener que pasar por el Script.

Análisis comparativo entre las diferentes herramientas BIM 4D

Si bien que en el presente documento se realiza un análisis de las diferentes herramientas BIM 4D, no deja de ser una comparación teórica y general. Por tanto, se propone realizar el modelo BIM 4D con las diferentes herramientas que existen en el mercado con el objetivo de establecer un análisis en el que se recojan las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “History - buildingSMART.” [Online]. Available: <https://www.buildingsmart.org/about/about-buildingsmart/history/>. [Accessed: 02-Jun-2019].
- [2] “Chapter Directory - buildingSMART.” [Online]. Available: <https://www.buildingsmart.org/chapters/chapter-directory/>. [Accessed: 02-Jun-2019].
- [3] “BSSCH - BuildingSMART Spanish Chapter.” [Online]. Available: <https://www.buildingsmart.es/bssch/>. [Accessed: 14-Jun-2019].
- [4] BuildingSMART Spain, *Memoria Anual 2018*. 2018.
- [5] “VISIÓN - BuildingSMART Spanish Chapter.” [Online]. Available: <https://www.buildingsmart.es/actividades/grupos-de-trabajo/esfab/>. [Accessed: 02-Jun-2019].
- [6] “Guías uBIM - BuildingSMART Spanish Chapter.” [Online]. Available: <https://www.buildingsmart.es/bim/guías-ubim/>. [Accessed: 02-Jun-2019].
- [7] “Observatorio BIM - BuildingSMART Spanish Chapter.” [Online]. Available: <https://www.buildingsmart.es/observatorio-bim/>. [Accessed: 02-Jun-2019].
- [8] Parlamento Europeo and Consejo de la Unión Europea, “Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre contratación pública y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE,” *D. Of. la Unión Eur.*, vol. 2014, no. L 94, pp. 65–240, 2014.
- [9] BOE-A-2017-12902, *Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014*. 2017, p. 294.
- [10] Comisión es.bim, “Comisión BIM 2ª Reunión.”
- [11] Observatorio es.BIM, “Sexto informe del Observatorio es.BIM.”
- [12] G. de Catalunya, “Acord del Govern pel qual es modifica la composició de la Comissió Interdepartamental BIM.”
- [13] Grupo de Coordinación de la Comisión Construïm el Futur del iTeC, *Libro Blanco sobre la definición estratégica de la implementación del BIM en la Generalitat de Catalunya*. 2018.
- [14] Infraestructures.cat, “GUIA BIM GESTIÓ DE PROJECTES I OBRES,” 2017.
- [15] Infraestructures.cat, “MANUAL BIM GESTIÓ DE PROJECTES I OBRES,” 2018.
- [16] I. ca. GuBIMCat, “SISTEMA DE CLASSIFICACIÓ BIM,” 2017.
- [17] “ITeC - Instituto de Tecnología de la Construcción.” [Online]. Available: <https://itec.es/>. [Accessed: 26-Jun-2019].
- [18] “La implantación del BIM en España - ITeC - Instituto de Tecnología de la Construcción.” [Online]. Available: <https://itec.es/servicios/bim/implantacion-bim-en-espana/>. [Accessed: 16-Jun-2019].
- [19] Comisión Construimos el Futuro del ITeC, “Introducción de procesos colaborativos en la Construcción. 88 pasos hacia el BIM,” 2017.
- [20] “ROADBIM – En construcción.” [Online]. Available: <http://roadbim.es/>. [Accessed: 26-Jun-2019].
- [21] “Infrastructure - buildingSMART International.” [Online]. Available: <https://www.buildingsmart.org/standards/rooms/infrastructure/>. [Accessed: 27-Jun-2019].
- [22] “Railway Room - buildingSMART International.” [Online]. Available: <https://www.buildingsmart.org/standards/rooms/railway/>. [Accessed: 27-Jun-2019].
- [23] “BIM en el mundo, en los países escandinavos es una práctica consolidada el uso del BIM en la

construcción - BibLus.” [Online]. Available: <http://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-mundo-en-los-paises-escandinavos-es-una-practica-consolidada-el-uso-del-bim-en-la-construccion/>. [Accessed: 27-Jun-2019].

- [24] MTHojgaard, *BIM Manual Civil Works and Infrastructure*. 2016.
- [25] Julio César Pérez Cervantes, “Planeación y Control de Obras,” 2004.
- [26] A. D. 1965- Mattos, F. González Fernández de Valderrama, and J. Sainz Avia, *Métodos de planificación y control de obras : del diagrama de barras al BIM*. Reverté, 2014.
- [27] A. M. Reyes Rodríguez, A. Candelario Garrido, and P. Cordero Torres, *BIM, diseño y gestión de la construcción*. Anaya Multimedia, 2016.
- [28] Miguel Ángel Ferreiro Morales; Blas González González, “APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA BIM A UN PROYECTO DE CONSTRUCCION DE UN CORREDOR DE TRANSPORTE PARA UN COMPLEJO INDUSTRIAL. MODELO BIM 3D OBRA LINEAL,” 2018.
- [29] Juan Bautista Bermejo; Blas González González, “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM AL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN CORREDOR DE TRANSPORTE PARA UN COMPLEJO INDUSTRIAL - MODELO BIM 4D PLANIFICACIÓN,” 2018.
- [30] Carmen Vera Galindo; Blas González González, “Trabajo Fin de Máster MODELO BIM 5D COSTES,” 2018.
- [31] M. Castilla Flores, “Programación y control de obras mediante BIM 4D,” 2017.
- [32] M. Muñoz Tinoco and I. Cortés Albalá, “Gestión de procesos BIM (Building information modeling) en un proyecto de ejecución, casa Panthöfer PFG junio, 2015,” p. 105 p. ., 2015.
- [33] T. Estudio, A. V. Dom, and I. Cort, “MÁSTER EN GESTIÓN INTEGRAL EN LA EDIFICACIÓN ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE LA EDIFICACIÓN (ETSIE) TRABAJO FIN DE MÁSTER CURSO ACADÉMICO 2014-2015 Contenido,” 2015.
- [34] E. Cózar Cózar, “Modelado y medición en BIM (building information modeling) siguiendo los criterios de la base de costes de la construcción de Andalucía (BCCA),” 2017.
- [35] S. Agustí Brugarolas, “Implementación de metodología BIM en el Project Management,” Oct. 2016.
- [36] L. A. Pérez González, “Posibilidades de la metodología BIM en la ingeniería civil,” 2019.
- [37] J. A. Yáñez Martín, “Elaboración efectiva del modelo de información de construcción de una nave industrial trabajando bajo plataforma BIM,” 2017.
- [38] I. Gómez Fernández, “Interacción de procesos BIM sobre una vivienda del movimiento moderno : la ville Savoye,” 2013.
- [39] M. Cárdenas Menéndez, “Incorporación de la Metodología BIM en la Gestión Integrada de Proyectos,” 2016.
- [40] C. Tutor Larrosa, *Planificación técnica*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2009.
- [41] J. Mateos Perera and A. Menéndez Ondina, *La programación en la construcción : [el PERT en versión completa]*. Bellisco, ediciones técnicas y científicas, 2003.
- [42] A. S. Domínguez González, “Programación, Planeación y Control de obras,” 2004.
- [43] J. Mateos Perera and A. Menéndez Ondina, *La programación en la construcción : [el PERT en versión completa]*. Bellisco, ediciones técnicas y científicas, 2003.
- [44] S. F. Gabarr, *Planificar con Synchro Scheduler*. 2018.
- [45] “Webinar Synchro PRO, BIM 4D para Planificación, Construcción y Project Management | 20160927 - YouTube.” [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=hjrW2Huigxo>. [Accessed: 20-Jun-2019].
- [46] “¿Cuál es el mejor software en 4D? | MSI STUDIO.” [Online]. Available:

- <https://www.msistudio.com/cual-es-el-mejor-software-en-4d/>. [Accessed: 19-Feb-2019].
- [47] T. Elgohari, “General Comparison between BIM 4D Softwares,” 2015.
- [48] “Plan-It: Convertir el presupuesto en planificación.”
- [49] “APP Consultoría.” [Online]. Available: <https://app-consultoria.com/software/powerproject>. [Accessed: 23-Jul-2019].
- [50] “TILOS | Trimble Civil Engineering and Construction.” [Online]. Available: <https://construction.trimble.com/es/productos-y-soluciones/tilos>. [Accessed: 23-Jul-2019].
- [51] S.F.Gabarró, *Taller de iniciación a la planificación BIM 4D con Synchro PRO*. .
- [52] “Convenio colectivo de Construcción y obras públicas. SEVILLA.”
- [53] S. F. Gabarr, “Planificación 4D con Synchro PRO.”
- [54] “Fases de proyecto en Revit - Curso Revit.” [Online]. Available: <https://cursorevit.com/fases-de-proyecto-en-revit/>. [Accessed: 16-May-2019].

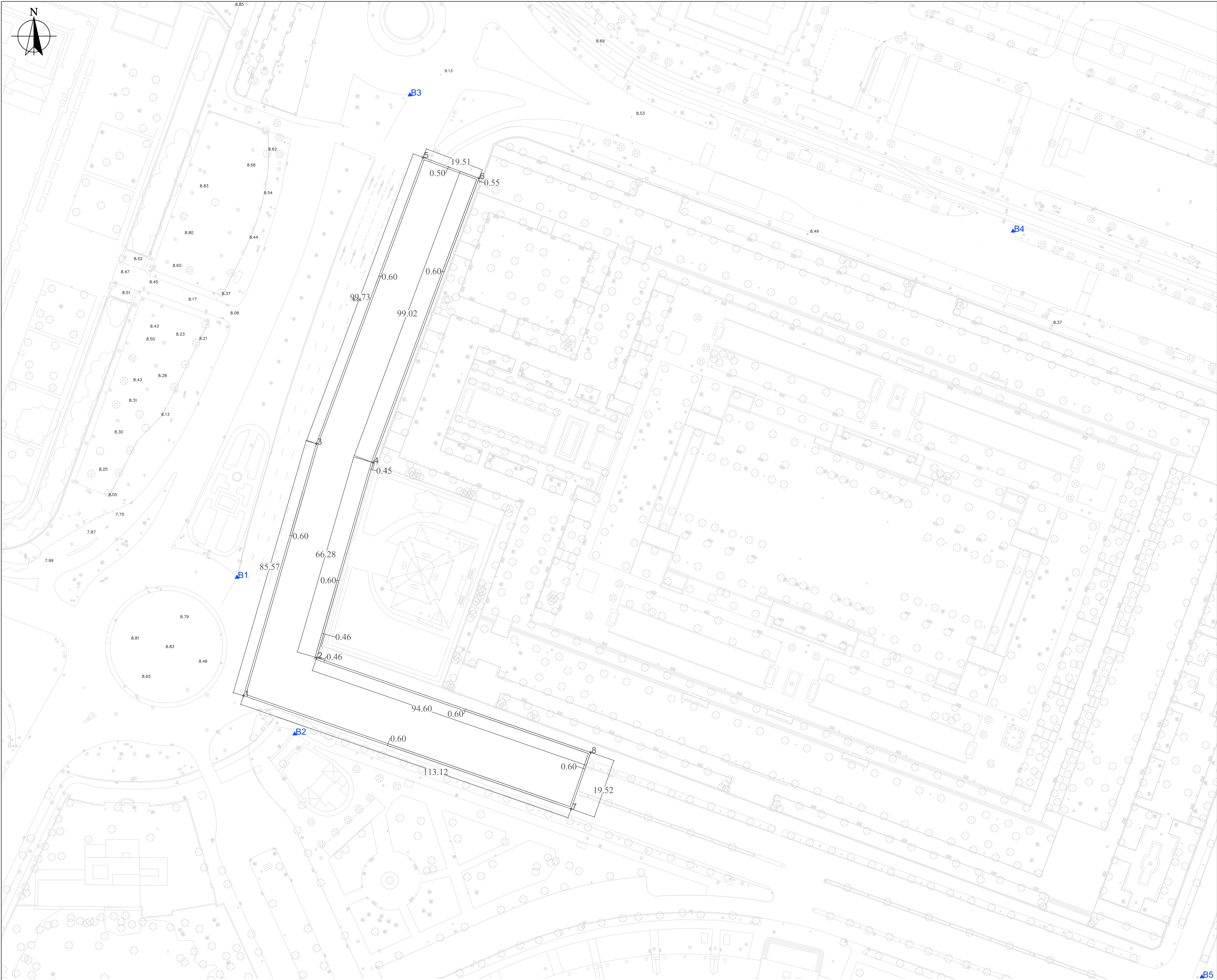
ANEJO 1. DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO

En el presente anejo se van a incluir partes del Documento 2 – Planos del Proyecto de referencia titulado “Proyecto constructivo de un aparcamiento subterráneo en Sevilla” que se ha utilizado como base de información para la realización del modelo en Revit, es decir, los planos siguientes:

1. Plano 2, Hoja 5 “Base Cartográfica. Replanteo. Muro Pantalla”
2. Plano 3 “Planta Superficie-Urbanización”, Hojas de la 1 a la 8.
3. Plano 5 “Planta Sótano -1”, Hojas de la 1 a la 5.
4. Plano 5 “Planta Sótano -2”, Hojas de la 1 a la 5.
5. Plano 6, Hoja 7 “Secciones Generales. Muro Pantalla”
6. Plano 6, Hoja 8 “Secciones Generales. Módulos Bloque Muro Pantalla”
7. Plano 6, Hoja 12 “Secciones Generales. Pórticos Tipo 1 y Tipo 2”
8. Plano 6, Hoja 13 “Secciones Generales. Pórtico Tipo 3”
9. Plano 6, Hoja 14 “Secciones Generales. Pórtico Tipo Emparrillado”
10. Plano 6, Hoja 15 “Secciones Generales. Rampas de Acceso”
11. Plano 6, Hoja 16 “Secciones Generales. Escaleras de Acceso”
12. Plano 7, Hoja 3 “Clasificación de Pórticos. Planta”
13. Plano 7, Hoja 4 “Vigas Riostras entre Zapatas. Sección de Vigas Riostras”
14. Plano 7, Hoja 23 “Secciones Generales. Conexión Muro-Solera. Zapata”
15. Plano 8, Hoja 1 “Detalles Constructivos. Detalle Pavimentación”
16. Plano 8, Hoja 2 “Detalles Constructivos. Detalle Estructura Aparcamiento Subterráneo”

De los **archivos DWG** que son un modelo CAD, facilitados por el autor del proyecto, también se han utilizado como base o plantilla de modelado los siguientes:

1. AparcamientoSubterráneoCid3D_8.dwg
2. 6_7y8Secciones_MuroPantalla.dwg
3. 7_3Estructura_ClasificaciónPórticos.dwg
4. 6_14Secciones_PórticoEmparrillado.dwg
5. Cartografia_Original_TodasCapas.dwg



REPLANTEO MURO PANTALLA

Este plano define el replanteo del muro pantalla, indicando el espesor del mismo (60 cm), las medidas longitudinales de todos los lados del muro, así como sus coordenadas topográficas mediante la tabla que se muestra a continuación. Por otro lado, se hace necesario comentar que se ha proyectado la cubierta del aparcamiento subterráneo totalmente plana, es decir, toda la cota de la misma será constante, tal y como se muestra en la tabla de valor 6,75 m.

LEYENDA

- *8.31* Cota altimétrica
- ▲ B5 Bases de replanteo
- Muro Pantalla

TABLAS

MURO PANTALLA			
Punto	Coord. X (m)	Coord. Y (m)	Coord. Z (m)
1	235343.2479	414125.4078	6.7500
2	235366.8845	414137.6627	6.7500
3	235366.9713	414207.5184	6.7500
4	235385.3109	414201.4393	6.7500
5	235401.7515	414300.8807	6.7500
6	235419.8448	414294.1404	6.7500
7	235449.9742	414108.4942	6.7500
8	235456.2854	414106.7415	6.7500

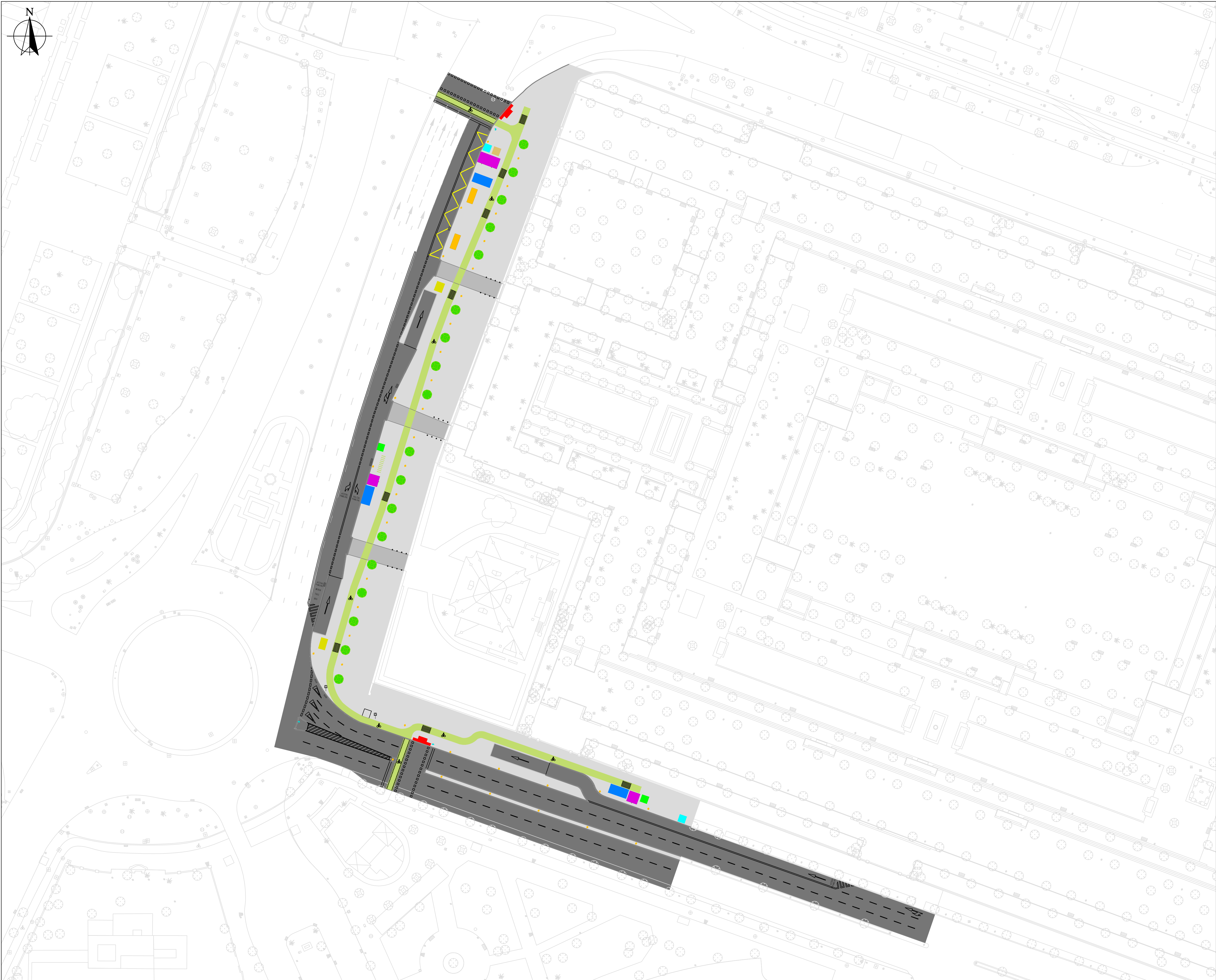


IMPLEMENTACIÓN URBANA

Este plano define la implementación urbana del proyecto sobre la ortofoto actual, una vez finalizada la construcción del aparcamiento subterráneo y su correspondiente obra de urbanización. Se incluyen tres accesos (dos entradas y una salida) al aparcamiento subterráneo, igual número para los accesos peatonales mediante escaleras y ascensores. Se mantendrá el carril bici en la Avenida del Cid e incluso se ampliará en la Avenida de Portugal. Se sustituirán las zonas ajardinadas por macetones de arbustos, con lo que se consigue que el acerado sea mayor que el actual.

LEYENDA

	MACETÓN ARBUSTO		MONUMENTO ARQUITECTÓNICO
	ASCENSOR APARCAMIENTO		APARCAMIENTO BICICLETAS
	ESCALERAS APARCAMIENTO		MARQUESINA BUS
	ACCESO VEHÍCULOS APARCAMIENTO		CARRIL BICI
	QUIOSCO		MARCA VIAL INICIO CARRIL ESPECIAL
	BORDILLO		MARCA VIAL CEDA EL PASO
	VADO PEATONAL		MARCA VIAL DIRECCIÓN CARRIL
	LÁMPARA ALUMBRADO		MARCA VIAL DELIMITACIÓN CARRILES
	SEMAFORO		MARCA VIAL PASOS DE PEATONES
	IMBORNAL		MARCA VIAL PASOS DE BICICLETAS
	ARQUETA SANEAMIENTO		MARCA VIAL PARADA DE BUS
	ARQUETA ALUMBRADO		SEÑAL VERTICAL CEDA EL PASO
	ARQUETA SEMAFORO		CENTRO DE TRANSFORMACIÓN ENDUSA SEVILLANA
	CENTRO MANDO SEMAFORO		ACERADO
	CAMPANA VENTILACIÓN IMPULSIÓN		CALZADA
	CAMPANA VENTILACIÓN EXTRACCIÓN		OTROS ACCESOS

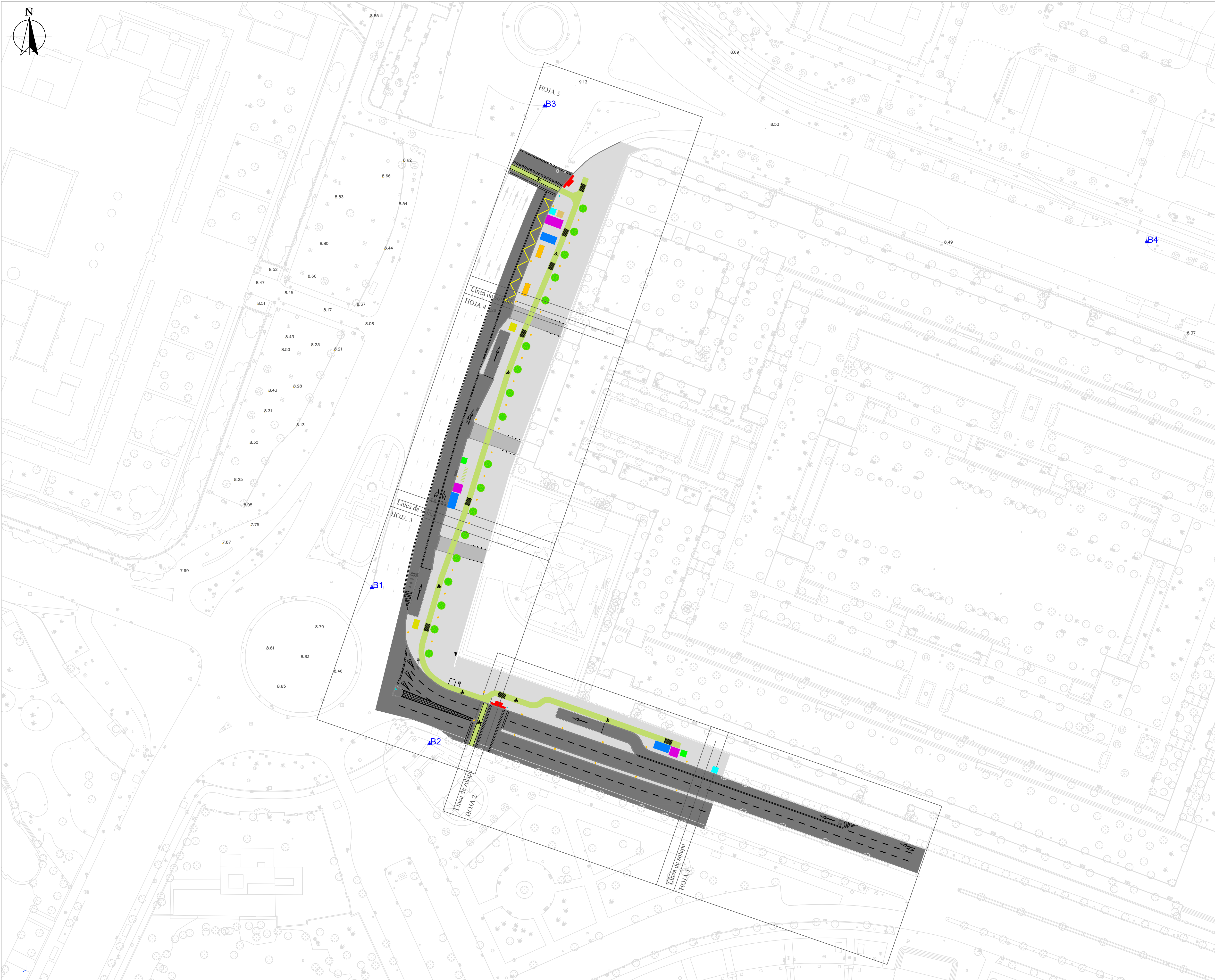


PLANTA GENERAL

Este plano, al igual que el plano "Implementación Urbana", define la planta general en la superficie, es decir, la urbanización del proyecto sobre la cartografía, una vez finalizada la construcción del aparcamiento subterráneo.

LEYENDA

	MACETÓN ARRUSTO		MONUMENTO ARQUITECTÓNICO
	ASCENSOR APARCAMIENTO		APARCAMIENTO BICICLETAS
	ESCALERAS APARCAMIENTO		MARQUESINA BUS
	ACCESO VEHÍCULOS APARCAMIENTO		CARRIL BICI
	QUIOSCO		MARCA VIAL INICIO CARRIL ESPECIAL
	BORDILLO		MARCA VIAL CEDA EL PASO
	VADO PEATONAL		MARCA VIAL DIRECCIÓN CARRIL
	LÁMPARA ALUMBRADO		MARCA VIAL DELIMITACIÓN CARRILES
	SEMAFORO		MARCA VIAL PASOS DE PEATONES
	IMBORNAL		MARCA VIAL PASOS DE BICICLETAS
	ARQUETA SANEAMIENTO		MARCA VIAL PARADA DE BUS
	ARQUETA ALUMBRADO		SEÑAL VERTICAL CEDA EL PASO
	ARQUETA SEMAFORO		CENTRO DE TRANSFORMACIÓN ENDESA SEVILLANA
	CENTRO MANDO SEMAFORO		ACERADO
	CAMPANA VENTILACIÓN IMPULSIÓN		CALZADA
	CAMPANA VENTILACIÓN EXTRACCIÓN		OTROS ACCESOS



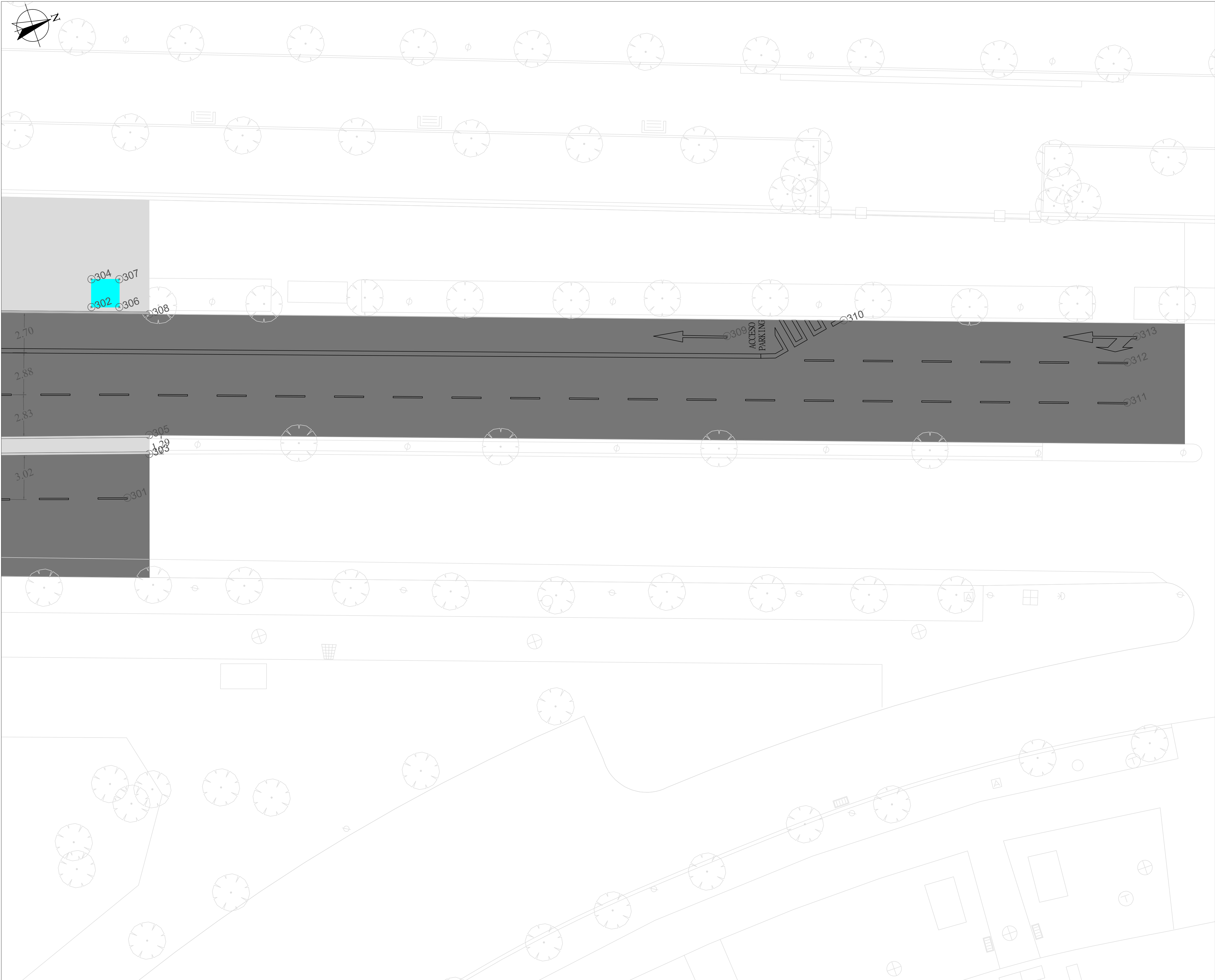
REPLANTEO - PLANO GUÍA

Este plano servirá de guía para el replanteo de la urbanización del proyecto, que se divide en hojas sucesivas adyacentes unas de otras y que se definirán en los planos siguientes. Estará formado por 5 hojas, estableciéndose como numeración de las hojas en el sentido de derecha a izquierda.

LEYENDA

- "8.31" Cota altimétrica
- ▲B5 Bases de replanteo

	MACETÓN ARBUSTO		MONUMENTO ARQUITECTÓNICO
	ASCENSOR APARCAMIENTO		APARCAMIENTO BICICLETAS
	ESCALERAS APARCAMIENTO		MARQUESINA BUS
	ACCESO VEHÍCULOS APARCAMIENTO		CARRIL BICI
	QUIOSCO		MARCA VIAL INICIO CARRIL ESPECIAL
	BORDILLO		MARCA VIAL CEDA EL PASO
	VADO PEATONAL		MARCA VIAL DIRECCIÓN CARRIL
	LÁMPARA ALUMBRADO		MARCA VIAL DELIMITACIÓN CARRILES
	SEMAFORO		MARCA VIAL PASOS DE PEATONES
	IMBORNAL		MARCA VIAL PASOS DE BICICLETAS
	ARQUETA SANEAMIENTO		MARCA VIAL PARADA DE BUS
	ARQUETA ALUMBRADO		SEÑAL VERTICAL CEDA EL PASO
	ARQUETA SEMAFORO		CENTRO DE TRANSFORMACIÓN ENDESA SEVILLANA
	CENTRO MANDO SEMAFORO		ACERADO
	CAMPANA VENTILACIÓN IMPULSION		CALZADA
	CAMPANA VENTILACIÓN EXTRACCIÓN		OTROS ACCESOS



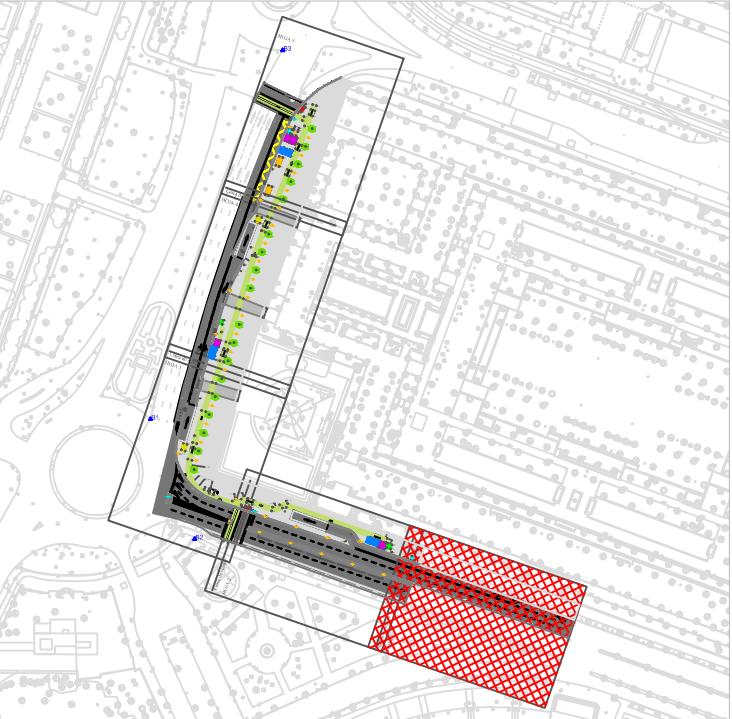
REPLANTEO - HOJA 1

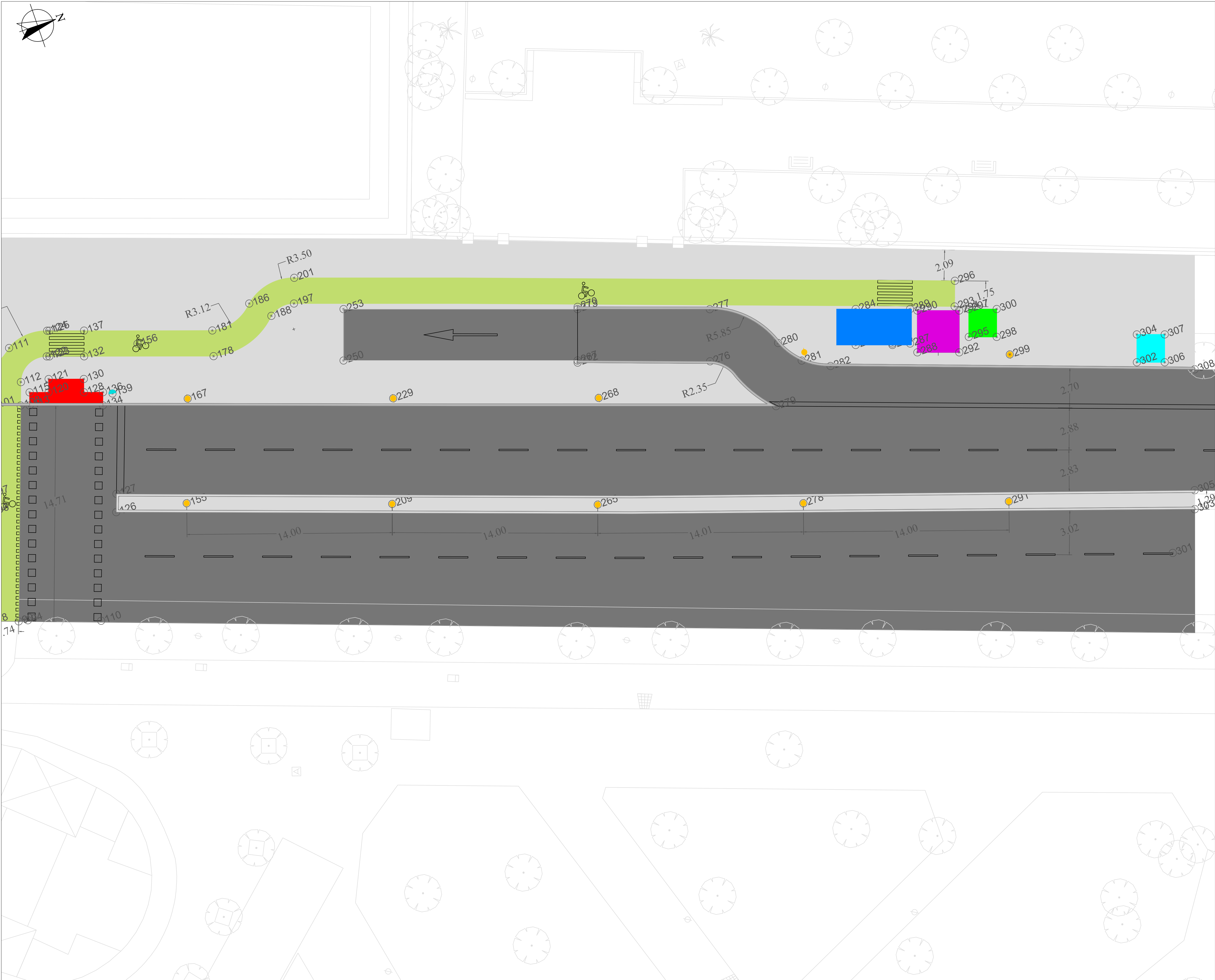
Este plano define el replanteo de la urbanización del proyecto correspondiente a la Hoja 1. Los distintos elementos que se pueden apreciar en esta hoja y en las siguientes (hasta la hoja 5) ya están definidos en los planos "Implementación Urbana" y "Planta General", por lo que no será necesario volver a definirlos. En dicho plano se indican los números de punto de replanteo cuyas coordenadas topográficas se incluyen en la tabla que se muestra a continuación.

TABLAS

Punto	Coord. X (m)	Coord. Y (m)	Coord. Z (m)
301	235419.9586	4141090.6048	8.8840
302	235431.8925	4141093.6776	8.1596
303	235482.3482	4141092.9318	8.7285
304	235482.9136	4141094.4732	8.0876
305	235452.7682	4141094.1543	8.6543
306	235452.6882	4141093.8565	8.1648
307	235454.3092	4141094.8521	8.9616
308	235455.4537	4141091.9404	8.1961
309	235492.1630	4141087.6640	8.1713
310	235500.0273	4141086.0798	8.0205
311	235516.4428	4141074.4743	8.1316
312	235517.3583	4141077.0529	8.9513
313	235518.5250	4141078.5118	8.8249

UBICACIÓN HOJA 1 (ZONA RAYADA ROJO)





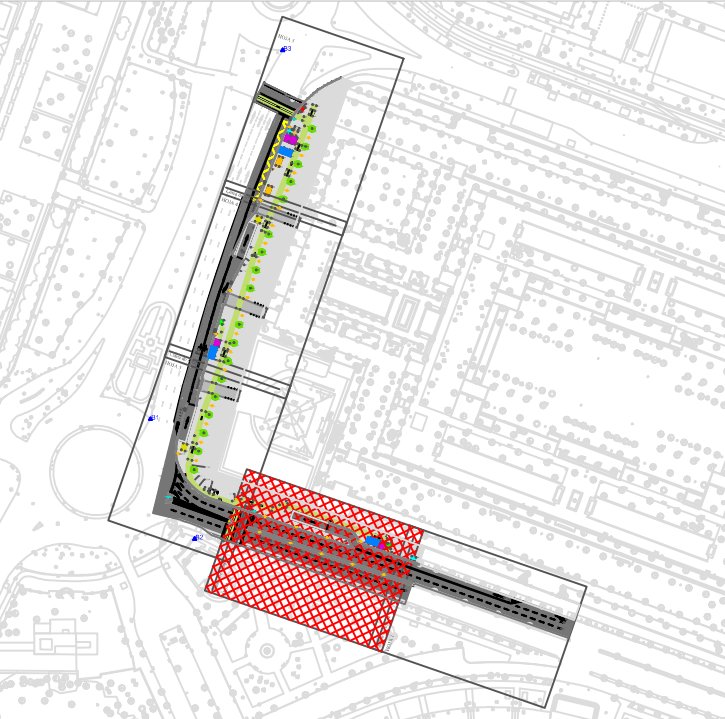
REPLANTEO - HOJA 2

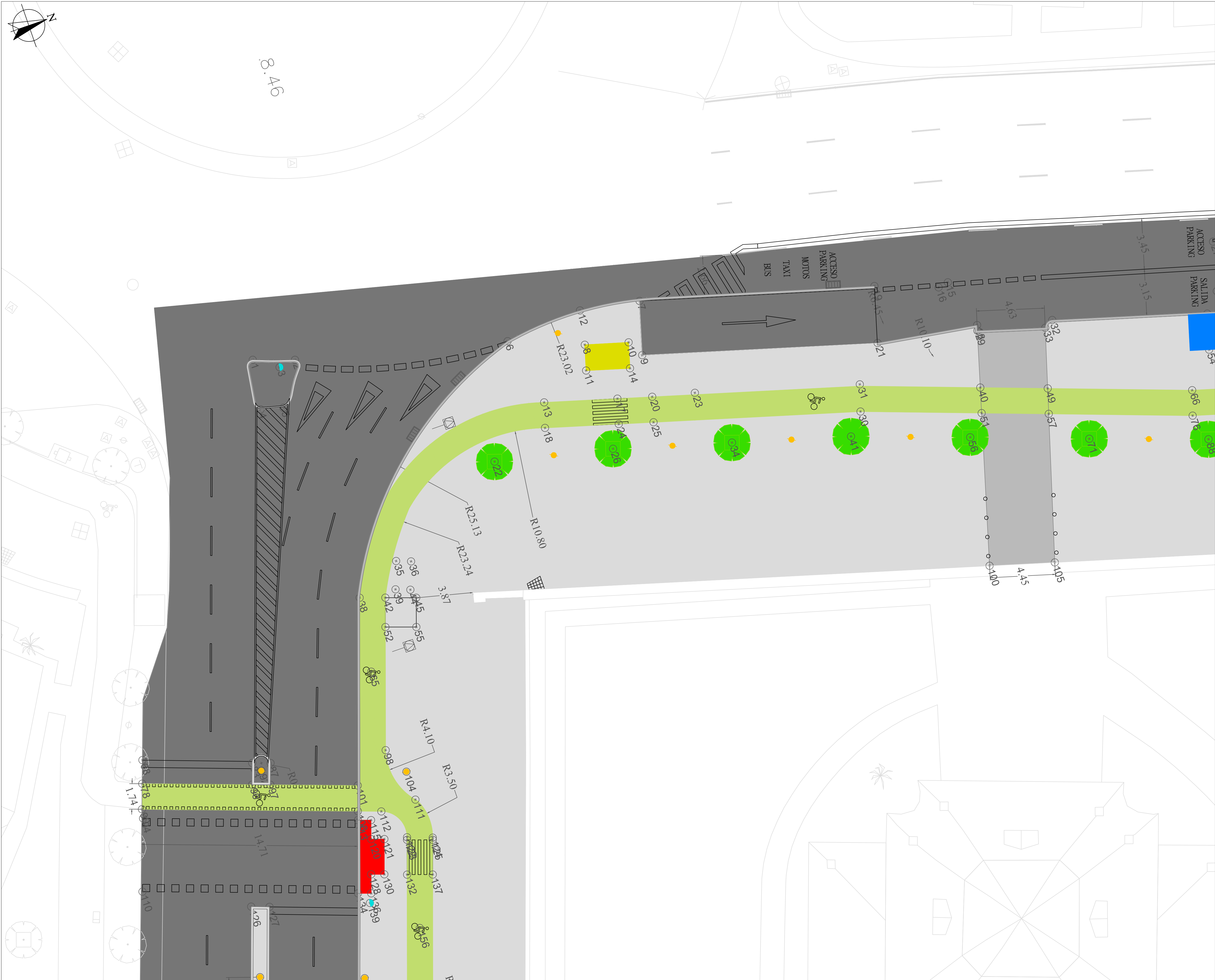
Este plano define el replanteo de la urbanización del proyecto correspondiente a la Hoja 2. En dicho plano se indican los números de punto de replanteo cuyas coordenadas topográficas se incluyen en la tabla que se muestra a continuación.

TABLAS

Punto	Coord. X (m)	Coord. Y (m)	Coord. Z (m)
68	235370.9947	414113.0178	8.2801
78	235372.5111	414112.4789	8.3008
83	235373.6238	414120.0210	8.0106
87	235374.0096	414121.1961	8.9920
90	235374.1502	414111.8882	8.3232
92	235374.2305	414120.0235	8.0105
94	235374.7611	414111.7586	8.3279
97	235375.4349	414120.7023	8.0067
98	235375.7701	414128.8927	8.7661
99	235376.3228	414106.5390	8.2241
101	235377.4284	414128.3131	8.0335
104	235377.6175	414129.7722	8.7410
108	235379.0829	414125.7441	8.6606
110	235379.4607	414110.0910	8.3892
111	235379.6175	414129.7800	8.7380
112	235379.6175	414127.2488	8.8031
113	235379.6562	414125.5470	8.8510
115	235379.9511	414126.3973	8.8261
120	235381.1771	414123.9756	8.8352
121	235381.4698	414126.8267	8.8104
122	235381.8578	414128.3285	8.7883
123	235382.0225	414128.2718	8.7694
124	235382.4543	414129.9739	8.7238
125	235382.5917	414129.9267	8.7246
126	235382.8564	414116.7538	8.1283
127	235383.2790	414117.9264	8.0858
128	235383.4467	414125.1951	8.8516
130	235383.7394	414120.0462	8.8261
132	235384.2626	414127.5014	8.7836
134	235384.3782	414123.9230	8.8868
136	235384.6729	414124.7734	8.8604
137	235384.8318	414129.1863	8.7724
139	235385.2622	414124.4798	8.6073
145	235387.5903	414115.7584	8.1511
156	235387.9831	414127.1289	8.7809
167	235389.9857	414122.4785	8.9125
178	235392.5997	414124.6284	8.8345
181	235393.6906	414126.3112	8.7823
186	235396.0679	414127.2276	8.7409
188	235397.2188	414125.9384	8.7721
197	235398.9462	414126.2321	8.7536
201	235399.5321	414127.8811	8.7024
209	235400.8053	414111.1368	8.2767
229	235403.2238	414117.9176	8.0025
250	235407.8965	414118.9229	8.9365
253	235409.0408	414122.2305	8.8129
265	235414.0203	414106.5152	8.3987
267	235416.2348	414117.8572	8.9129
268	235416.4624	414113.3646	8.0882
270	235417.8471	414120.6042	8.7971
272	235418.5281	414115.2442	8.9958
273	235419.6724	414118.5518	8.8588
276	235424.4633	414115.2982	8.0242
277	235425.5972	414116.6110	8.0756
278	235427.2809	414102.0287	8.5138
279	235427.8122	414108.8501	8.1885
280	235429.2279	414112.9149	8.9688
281	235430.7135	414111.7349	8.0314
282	235432.0909	414110.2584	8.0835
283	235434.1815	414111.0535	8.0254
284	235434.0823	414113.3889	8.9128
285	235436.5442	414110.2363	8.0365
286	235436.5768	414110.3308	8.0317
287	235437.7109	414109.9386	8.0369
288	235437.9871	414109.2086	8.0678
289	235438.4791	414112.1595	8.9254
290	235438.9191	414111.9019	8.9318
291	235440.5584	414109.7522	8.6189
292	235440.6804	414108.2767	8.0802
293	235441.4115	414111.3329	8.9266
294	235441.6124	414110.9700	8.9410
295	235441.6383	414109.0564	8.0311
296	235441.9973	414112.9818	8.8427
297	235442.2593	414110.8551	8.9581
298	235443.4339	414108.4353	8.0581
299	235443.8025	414107.0187	8.1016
300	235444.0549	414110.2310	8.9437

UBICACIÓN HOJA 2 (ZONA RAYADA ROJO)





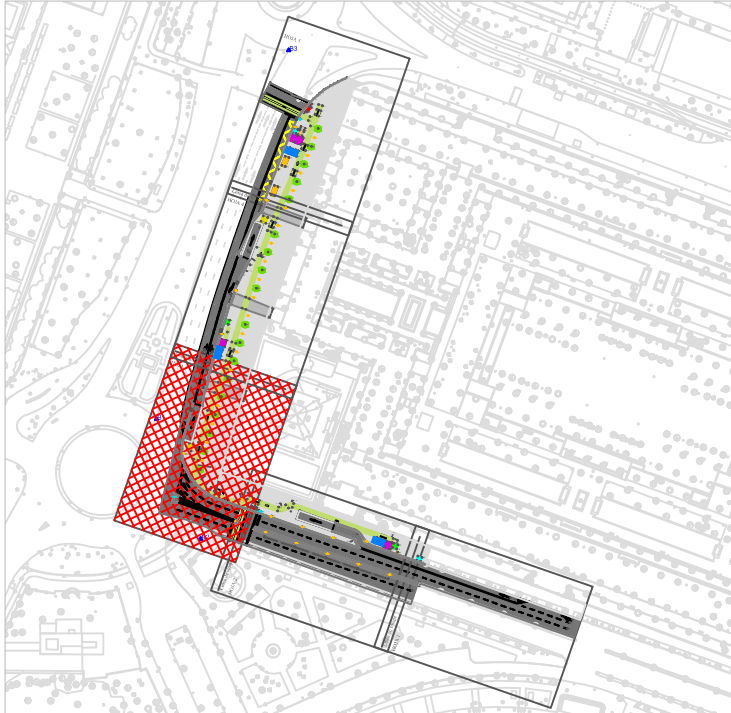
REPLANTEO - HOJA 3

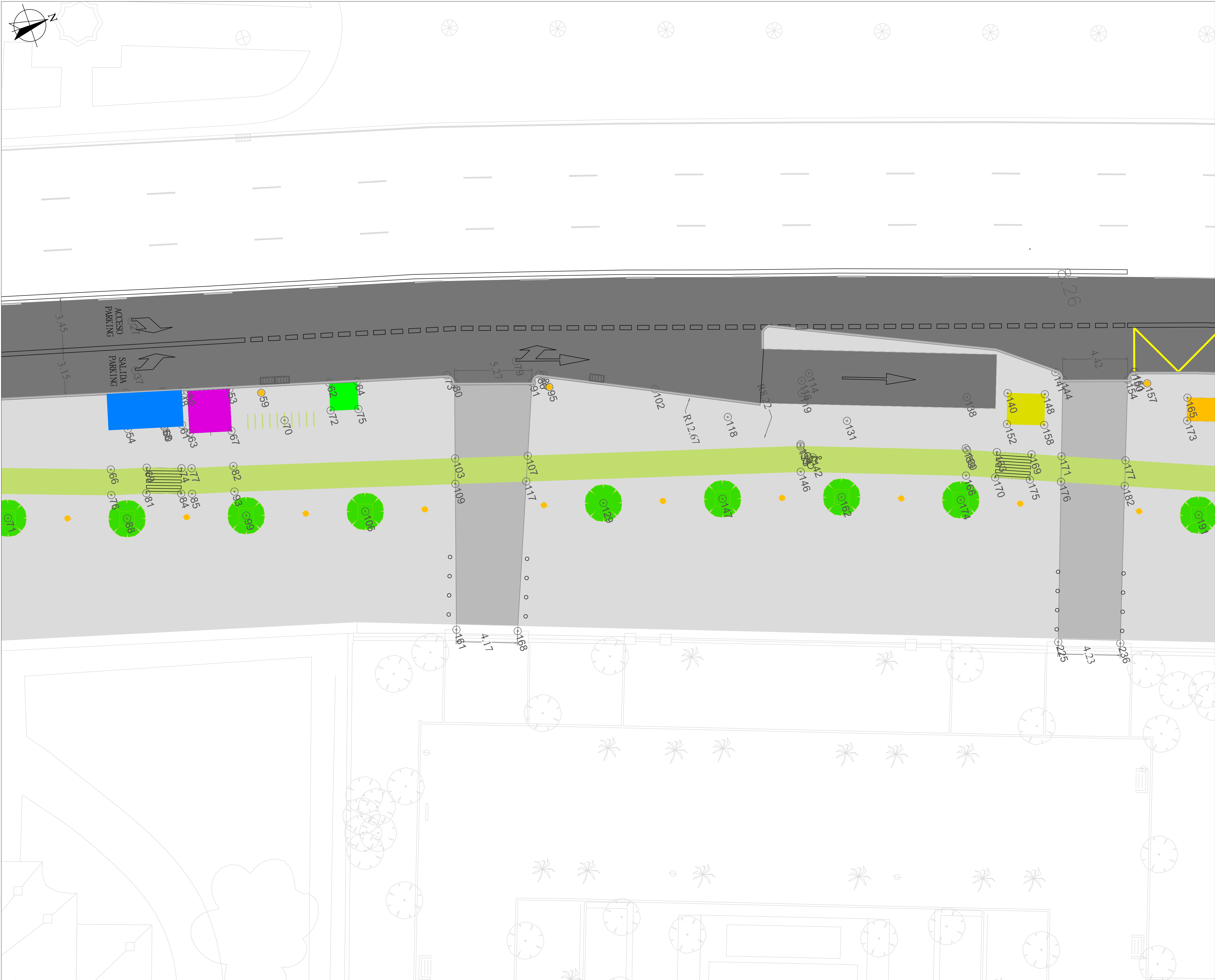
Este plano define el replanteo de la urbanización del proyecto correspondiente a la Hoja 3. En dicho plano se indican los números de punto de replanteo cuyas coordenadas topográficas se incluyen en la tabla que se muestra a continuación.

TABLAS

Punto	Coord. X (m)	Coord. Y (m)	Coord. Z (m)
1	235347.6742	414129.0319	8.6946
2	235348.6343	414131.7519	8.6349
3	235348.7443	414136.9919	8.6631
4	235351.0443	414128.4319	8.7306
5	235351.4443	414129.9419	8.6947
6	235352.1453	414145.8535	8.4013
7	235352.6576	414156.4748	8.2997
8	235354.5568	414152.3979	8.3404
9	235355.1997	414161.6661	8.2836
10	235355.3805	414155.2726	8.3204
11	235356.2496	414151.9075	8.3518
12	235356.2820	414157.7303	8.3076
13	235356.9038	414146.8439	8.4092
14	235357.0833	414154.7822	8.3306
15	235358.1548	414175.5017	8.2798
16	235358.2787	414174.7960	8.2793
17	235358.2909	414151.6449	8.3615
18	235358.5639	414146.3310	8.4213
19	235358.8964	414160.2242	8.3034
20	235358.9487	414153.9216	8.3436
21	235359.4047	414168.5382	8.2821
22	235359.6137	414142.3330	8.4807
23	235359.6445	414156.7588	8.3330
24	235359.8998	414151.1627	8.3712
25	235360.6176	414153.4394	8.3523
26	235361.4234	414150.2433	8.3840
27	235361.7869	414175.4325	8.2902
28	235361.9275	414176.3252	8.2908
29	235362.4022	414164.4311	8.2976
30	235362.7671	414167.5668	8.2915
31	235362.9100	414181.3847	8.3023
32	235363.2544	414180.7639	8.3014
33	235363.6760	414158.0410	8.3263
34	235363.8257	414133.7837	8.6497
35	235364.1801	414134.7348	8.6299
36	235365.3749	414130.6171	8.7241
37	235365.6343	414133.1099	8.6661
38	235365.6571	414175.2485	8.2949
39	235365.9287	414165.8378	8.2990
40	235365.9443	414132.2719	8.6855
41	235365.9487	414191.5053	8.3333
42	235365.9887	414134.0611	8.6455
43	235366.6343	414134.2619	8.6418
44	235367.2126	414179.5714	8.3022
45	235367.3296	414174.7638	8.2954
46	235367.8343	414151.6219	8.7021
47	235368.2243	414153.6119	8.6570
48	235368.6353	414175.4882	8.2908
49	235368.6782	414179.0686	8.2912
50	235370.3951	414129.7101	8.7491
51	235370.5428	414188.8766	8.3226
52	235370.9647	414113.0178	8.2801
53	235371.3830	414181.1251	8.3032
54	235372.1963	414188.2809	8.3185
55	235372.5111	414112.4789	8.3008
56	235373.6238	414120.0210	8.0306
57	235374.0396	414121.1961	8.9920
58	235374.1502	414111.8882	8.3332
59	235374.3265	414120.4335	8.0465
60	235374.7631	414111.7586	8.3279
61	235375.0176	414119.5278	8.0459
62	235375.4349	414120.7023	8.0067
63	235375.7701	414128.8927	8.7661
64	235377.3419	414171.8764	8.2819
65	235377.4284	414126.3131	8.8335
66	235377.6175	414129.7522	8.7410
67	235378.3760	414176.1481	8.2793
68	235379.0829	414125.7441	8.8466
69	235379.6175	414127.2488	8.8011
70	235379.6462	414125.5470	8.6510
71	235379.9511	414126.3973	8.8261
72	235381.1771	414125.9766	8.8352
73	235381.4608	414126.6267	8.8104
74	235381.8578	414128.3285	8.7683
75	235382.0225	414128.2718	8.7694
76	235382.4543	414129.9739	8.7238
77	235382.5917	414129.9267	8.7246

UBICACIÓN HOJA 3 (ZONA RAYADA ROJO)





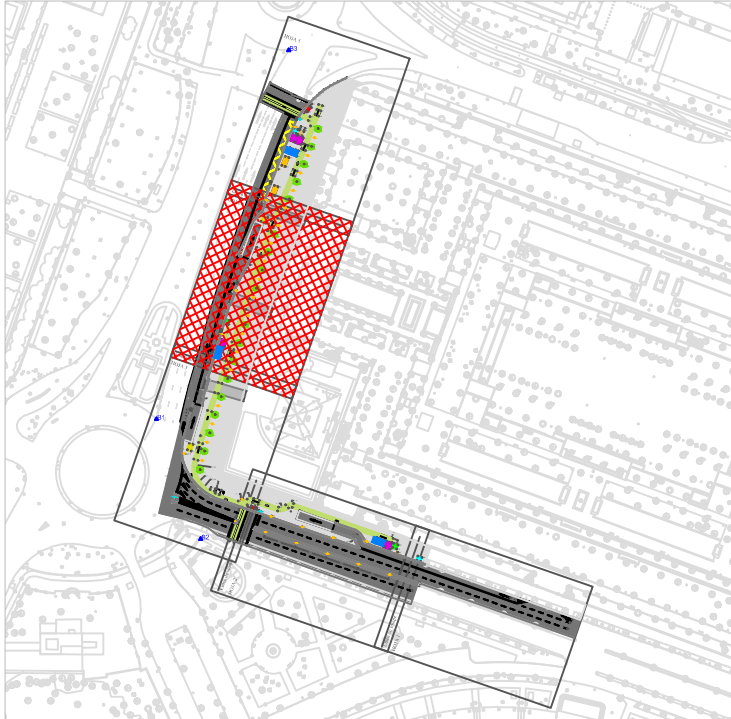
REPLANTEO - HOJA 4

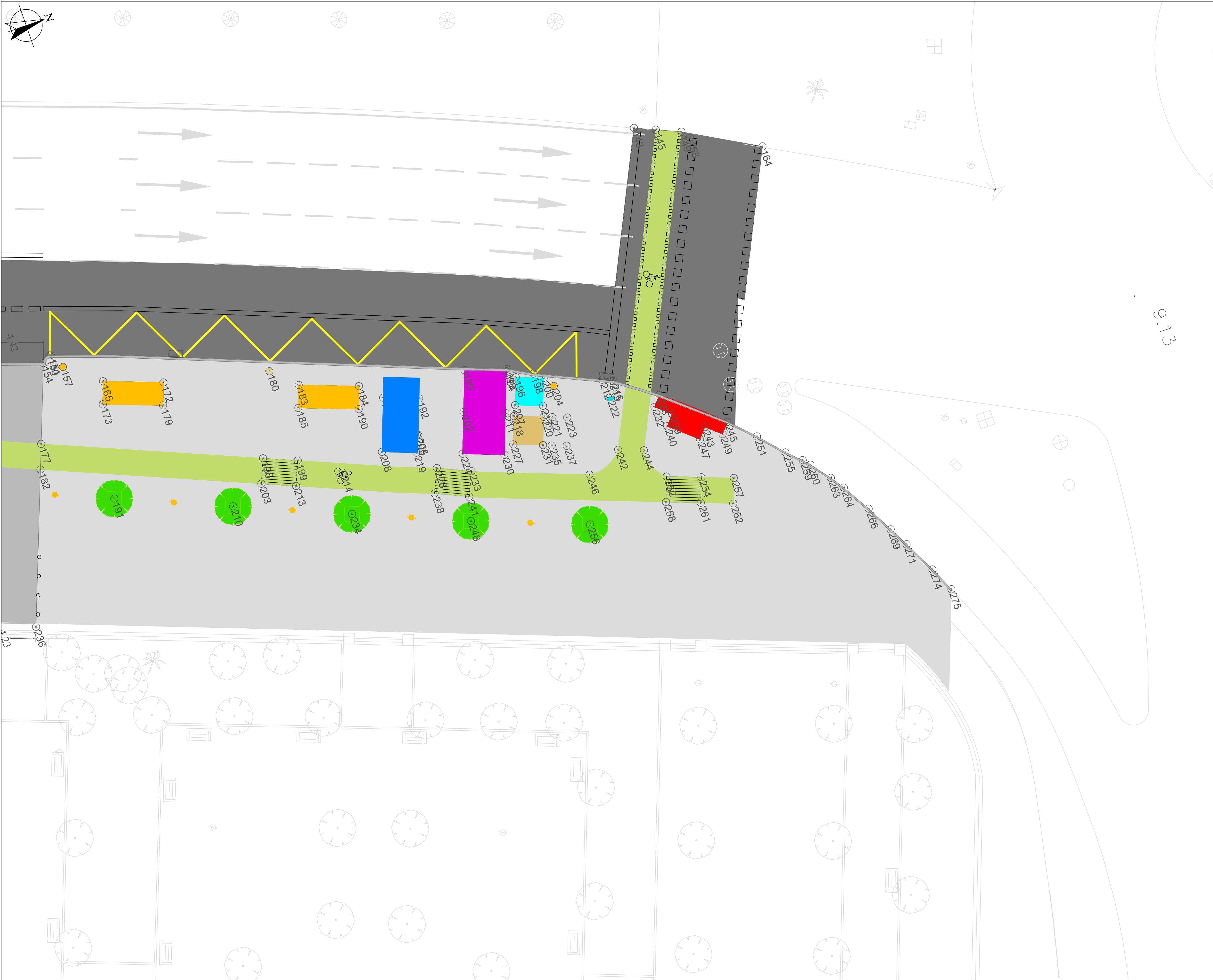
Este plano define el replanteo de la urbanización del proyecto correspondiente a la Hoja 4. En dicho plano se indican los números de punto de replanteo cuyas coordenadas topográficas se incluyen en la tabla que se muestra a continuación.

TABLAS

Punto	Coord. X (m)	Coord. Y (m)	Coord. Z (m)
27	235361.4372	4141193.4897	8.3365
27	235364.3071	4141192.6179	8.3364
43	235366.9487	4141191.9653	8.3353
46	235366.6510	4141193.9657	8.3400
47	235366.7483	4141193.8766	8.3399
48	235367.0813	4141195.0284	8.3428
50	235367.2150	4141195.5112	8.3440
53	235368.0685	4141198.2491	8.3502
54	235368.3120	4141190.8255	8.3304
58	235368.0099	4141193.2531	8.3364
59	235368.9504	4141200.2229	8.3531
60	235369.0059	4141193.2243	8.3362
61	235369.2429	4141194.4019	8.3390
62	235369.8084	4141204.8167	8.3594
63	235369.9531	4141194.7282	8.3587
64	235370.3374	4141206.6616	8.3608
67	235370.7444	4141197.4577	8.3437
69	235371.2228	4141191.3893	8.3276
70	235371.2396	4141201.1111	8.3488
71	235371.3800	4141181.1251	8.3032
72	235371.6332	4141204.2877	8.3535
73	235371.9496	4141212.5601	8.3564
74	235372.0282	4141193.4092	8.3316
75	235372.1625	4141206.1124	8.3577
76	235372.1863	4141188.2909	8.3165
77	235372.2616	4141194.0510	8.3325
79	235372.5820	4141217.5161	8.3485
80	235372.6059	4141212.8809	8.3534
81	235372.8566	4141190.5900	8.3229
82	235373.0526	4141196.7910	8.3365
84	235373.6620	4141192.8148	8.3261
85	235373.9147	4141193.5181	8.3270
86	235373.9647	4141218.5275	8.3588
88	235374.0676	4141188.7819	8.3158
89	235374.0992	4141218.7796	8.3375
91	235374.3163	4141217.8775	8.3383
93	235374.7176	4141196.2970	8.3304
95	235374.9867	4141218.8941	8.3321
99	235376.5238	4141196.5180	8.3241
102	235377.4801	4141225.6485	8.2901
103	235377.4873	4141211.2420	8.3297
106	235378.9009	4141204.2774	8.3222
107	235378.9096	4141215.9719	8.3139
109	235379.1340	4141210.6864	8.3202
114	235379.8009	4141235.9177	8.2010
116	235380.2029	4141235.2832	8.2034
117	235380.5529	4141215.3096	8.3041
118	235380.8968	4141229.7113	8.2387
119	235381.0024	4141235.0077	8.1982
120	235383.6674	4141219.7943	8.2668
129	235383.7970	4141217.2977	8.1511
131	235384.2821	4141201.7807	8.1798
134	235384.2937	4141233.7642	8.1790
138	235384.9297	4141245.5500	8.0574
140	235385.2958	4141247.4911	8.0265
141	235385.3042	4141251.8028	8.9719
142	235385.3810	4141234.2828	8.1618
144	235385.9526	4141252.1099	8.9606
146	235386.0294	4141233.1856	8.1642
147	235386.0487	4141227.5528	8.2054
148	235386.1915	4141239.8681	8.9871
150	235387.0212	4141256.6413	8.8833
151	235387.0534	4141256.9059	8.8816
152	235387.3727	4141246.7616	8.0136
154	235387.3849	4141256.2941	8.8869
157	235388.0661	4141257.4580	8.9626
158	235388.1584	4141249.1392	8.9745
159	235388.2094	4141244.3280	8.0317
160	235388.3559	4141244.3801	8.0295
161	235388.5500	4141207.9099	8.2521
163	235388.8486	4141235.2630	8.7289
163	235389.1412	4141246.2501	8.9990
165	235389.8836	4141239.7281	8.8691
166	235389.9713	4141243.7403	8.0189
168	235390.0000	4141211.4199	8.2332
169	235390.0588	4141248.4551	8.9620
170	235390.7429	4141245.5774	8.9890
171	235390.8499	4141250.3147	8.9292
173	235391.3608	4141259.1986	8.8004
174	235391.4177	4141242.2401	8.0125
175	235391.4665	4141247.7624	8.9523
176	235392.4832	4141249.7213	8.9185
177	235392.5415	4141244.3466	8.8562
182	235394.1678	4141253.7324	8.8465
191	235397.6882	4141257.8383	8.7508
225	235402.7400	4141245.9699	8.8474
236	235404.2100	4141249.9399	8.7841

UBICACIÓN HOJA 4 (ZONA RAYADA ROJO)





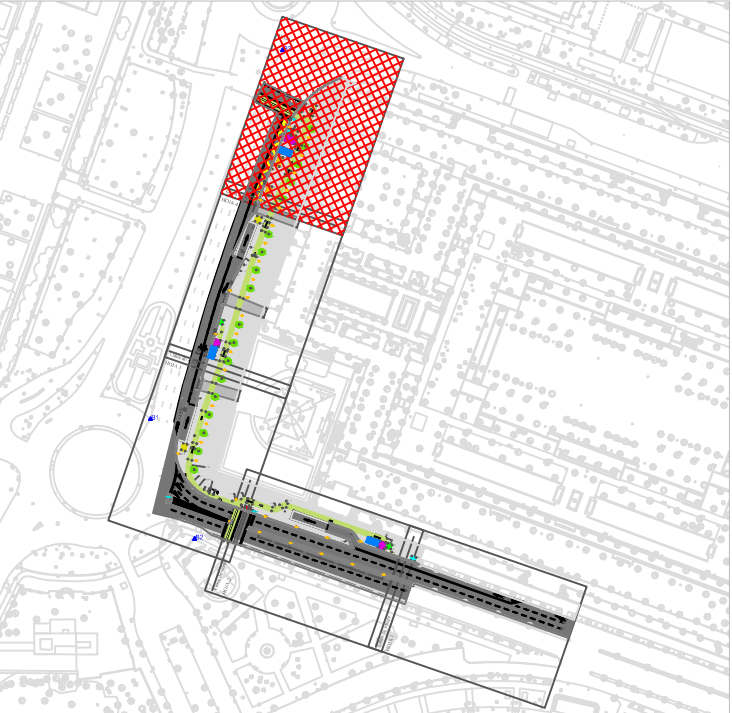
REPLANTEO - HOJA 5

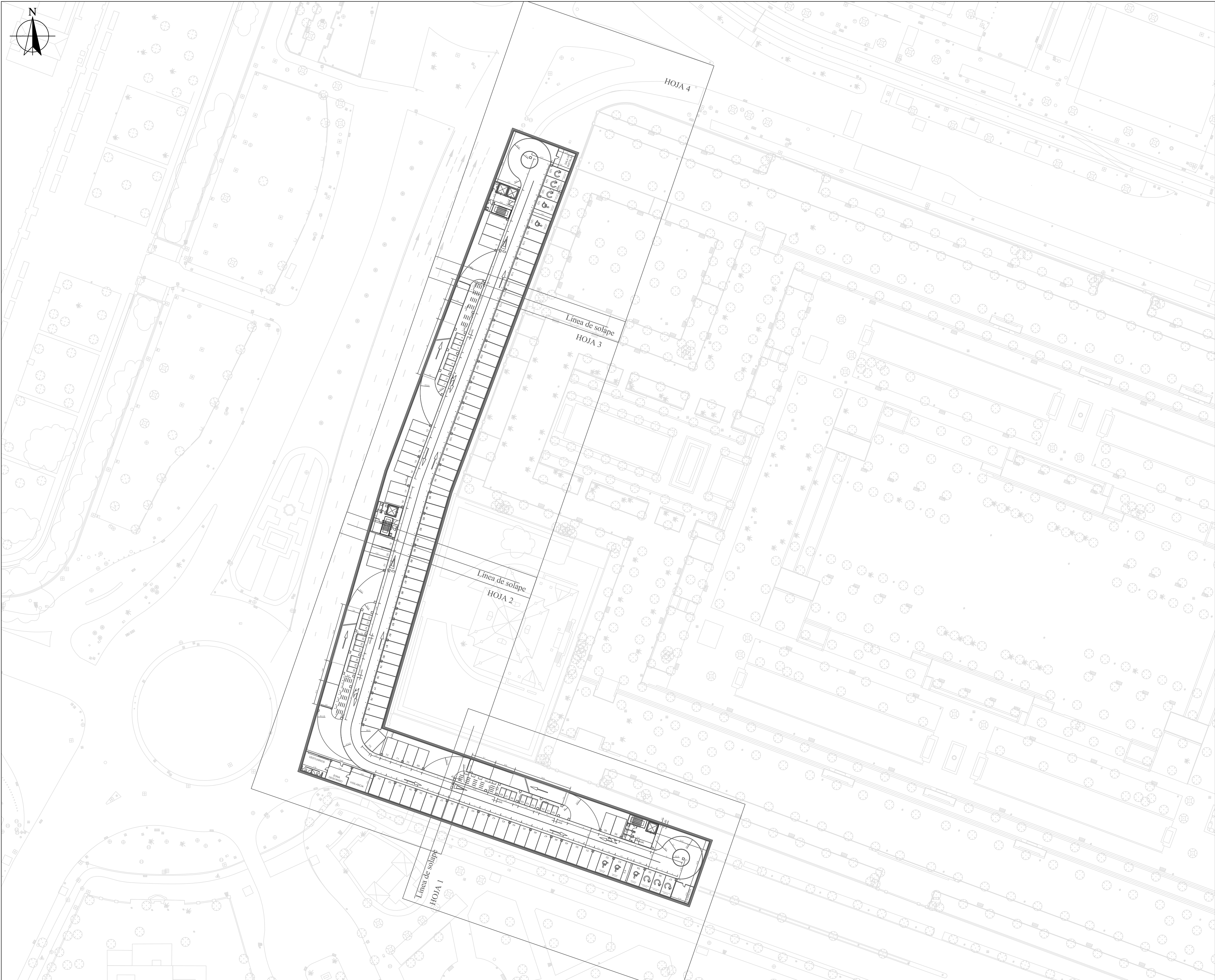
Este plano define el replanteo de la urbanización del proyecto correspondiente a la Hoja 5. En dicho plano se indican los números de punto de replanteo cuyas coordenadas topográficas se incluyen en la tabla que se muestra a continuación.

TABLAS

Punto	Coord. X (m)	Coord. Y (m)	Coord. Z (m)
143	255385.3933	4141299.5530	8.2034
145	255385.9969	4141300.9250	8.2733
149	255386.6902	4141302.5299	8.2511
150	255387.0212	4141298.8413	8.8033
151	255387.0834	4141298.6039	8.8036
153	255387.7341	4141302.9298	8.2620
154	255387.3649	4141298.2941	8.8009
157	255388.0661	4141297.4580	8.8026
164	255389.4452	4141305.4264	8.1875
165	255389.8856	4141298.7281	8.8091
172	255391.5019	4141263.5847	8.7338
173	255391.5698	4141298.1986	8.8091
177	255392.5613	4141298.5466	8.8062
179	255392.7770	4141263.0553	8.7276
180	255392.9406	4141270.6699	8.6105
182	255394.1678	4141255.7324	8.9463
183	255394.4000	4141272.2391	8.5708
184	255395.8903	4141270.0958	8.4995
188	255395.6552	4141271.7007	8.4642
187	255397.1757	4141277.4029	8.4006
189	255397.2216	4141283.2551	8.5857
190	255397.3713	4141275.5663	8.4936
191	255397.6882	4141257.8383	8.7508
192	255398.0100	4141279.0988	8.4283
193	255398.6799	4141303.0807	8.3423
194	255398.2165	4141285.9258	8.3421
195	255398.4079	4141268.3150	8.5909
196	255398.8152	4141266.3932	8.3114
198	255398.9789	4141287.0087	8.5148
199	255399.4596	4141270.5960	8.5500
200	255399.0415	4141280.1734	8.3042
202	255399.8923	4141282.2062	8.3779
203	255400.0096	4141267.6423	8.5855
204	255400.2282	4141268.6438	8.2034
205	255400.3388	4141278.7323	8.4229
206	255400.4737	4141279.8260	8.4213
207	255400.7007	4141302.7110	8.3275
208	255400.6430	4141276.1133	8.4575
210	255400.8306	4141265.5209	8.6114
211	255400.8872	4141264.9309	8.3354
212	255400.9023	4141291.9039	8.2511
213	255400.9273	4141273.1289	8.4609
214	255401.1002	4141292.4801	8.2431
215	255401.1008	4141292.4801	8.2431
216	255401.2345	4141292.5911	8.2415
217	255401.2439	4141287.5125	8.3004
218	255401.2784	4141285.4094	8.3266
219	255401.8633	4141279.0988	8.4199
220	255401.9870	4141302.5117	8.3292
221	255402.0021	4141287.9039	8.2902
222	255402.2087	4141292.0023	8.2425
223	255402.5965	4141288.8151	8.2767
224	255402.5630	4141281.2653	8.3717
226	255402.9978	4141279.0988	8.4097
227	255403.0870	4141284.5557	8.2522
228	255403.4435	4141295.2570	8.2039
230	255403.5579	4141285.9300	8.3303
231	255403.7956	4141286.6380	8.2054
232	255403.8230	4141284.6668	8.2066
233	255403.9786	4141281.4511	8.3902
234	255403.9731	4141272.1034	8.4706
235	255404.0107	4141287.1982	8.2876
236	255404.2100	4141295.9399	8.7841
237	255404.3650	4141288.1413	8.2744
238	255404.4926	4141278.5776	8.3940
239	255404.4799	4141295.9476	8.1975
240	255405.3318	4141295.0952	8.1964
241	255405.4635	4141288.7394	8.3592
242	255405.7645	4141291.3743	8.2317
243	255406.2404	4141297.4633	8.1715
244	255406.3781	4141293.0214	8.2322
245	255406.4884	4141290.0352	8.1581
246	255406.7291	4141300.9736	8.3333
247	255406.9213	4141296.8749	8.1745
248	255407.0778	4141298.3017	8.3550
249	255407.0883	4141298.4444	8.1609
251	255407.9967	4141300.6036	8.1425
252	255408.9046	4141297.9997	8.1863
254	255409.3915	4141296.1280	8.1744
255	255409.6643	4141302.0919	8.1303
256	255409.9513	4141287.8916	8.2521
257	255410.1041	4141298.1943	8.1364
258	255410.1921	4141292.2923	8.1975
259	255410.5443	4141303.0224	8.1241
260	255411.0143	4141303.4219	8.1218
261	255411.00104	4141295.5141	8.1763
262	255411.7920	4141297.5879	8.1588
263	255412.1143	4141304.4419	8.1168
264	255413.2343	4141303.0019	8.1147
266	255415.1441	4141306.0949	8.1132
268	255416.9643	4141303.1519	8.1148
271	255418.2790	4141307.8388	8.1175
274	255420.4730	4141308.9488	8.1248
275	255422.1096	4141309.7290	8.1129

UBICACIÓN HOJA 5 (ZONA RAYADA ROJO)



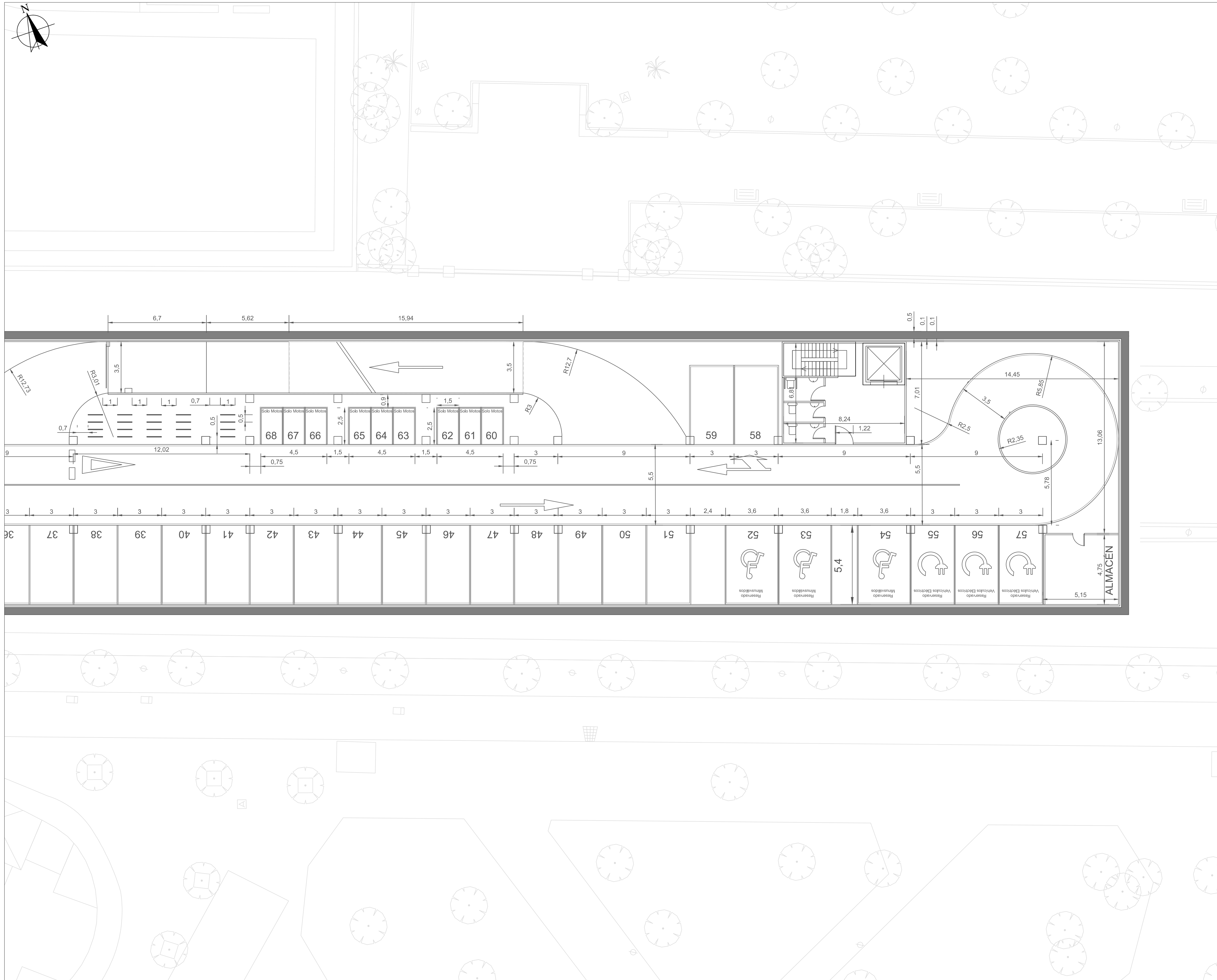


PLANTA GENERAL - PLANO GUÍA

Este plano servirá de guía para definir la geometría y dimensiones, en planta, es decir en el plano X e Y, de la planta primera del aparcamiento subterráneo, que se divide en hojas sucesivas adyacentes unas de otras y que se definirán en los planos siguientes. Estará formado por 4 hojas, estableciéndose como numeración de las hojas en el sentido de derecha a izquierda.

LEYENDA

	PLAZA APARCAMIENTO RESERVADO MINUSVALIDOS		ASEOS APARCAMIENTO
	PLAZA APARCAMIENTO RESERVADO VEHICULOS ELECTRICOS		PUERTA
	PLAZA APARCAMIENTO NORMAL		CUARTO ALMACÉN
	PLAZA APARCAMIENTO MOTOS		SALA INSTALACIONES
	ACCESO VEHICULOS APARCAMIENTO		CUARTO PERSONAL VIGILANCIA
	MARCA VIAL CEDA EL PASO		SALA VIGILANCIA
	MARCA VIAL DIRECCIÓN CARRIL		ZONA DESCANSO PERSONAL
	MARCA VIAL DELIMITACIÓN CARRILES		ZONA VESTUARIO PERSONAL
	DISPOSITIVO Y BARRERA DE ACCESO APARCAMIENTO		ZONA DESTINADA APARCAMIENTO BICICLETAS (P+4s)
	CUARTO DE ACCESOS PEATONALES		PARAMENTOS
	ASCENSOR APARCAMIENTO		PILARES HORMIGÓN 45x45 cm
	ESCALERAS APARCAMIENTO		PERÍMETRO APARCAMIENTO FORMADO POR PARAMENTO, CÁMARA AIRE Y MURO PANTALLA (SOMBREADO)



HOJA 1

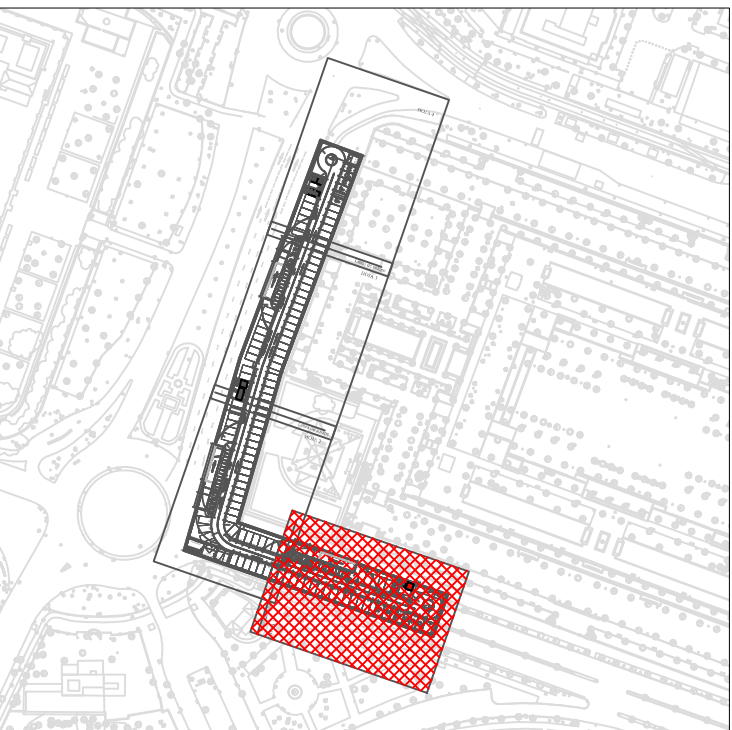
Este plano define la geometría y dimensiones, en planta, de todos los elementos que conforman la ejecución del aparcamiento subterráneo, correspondiente a la Hoja 1.

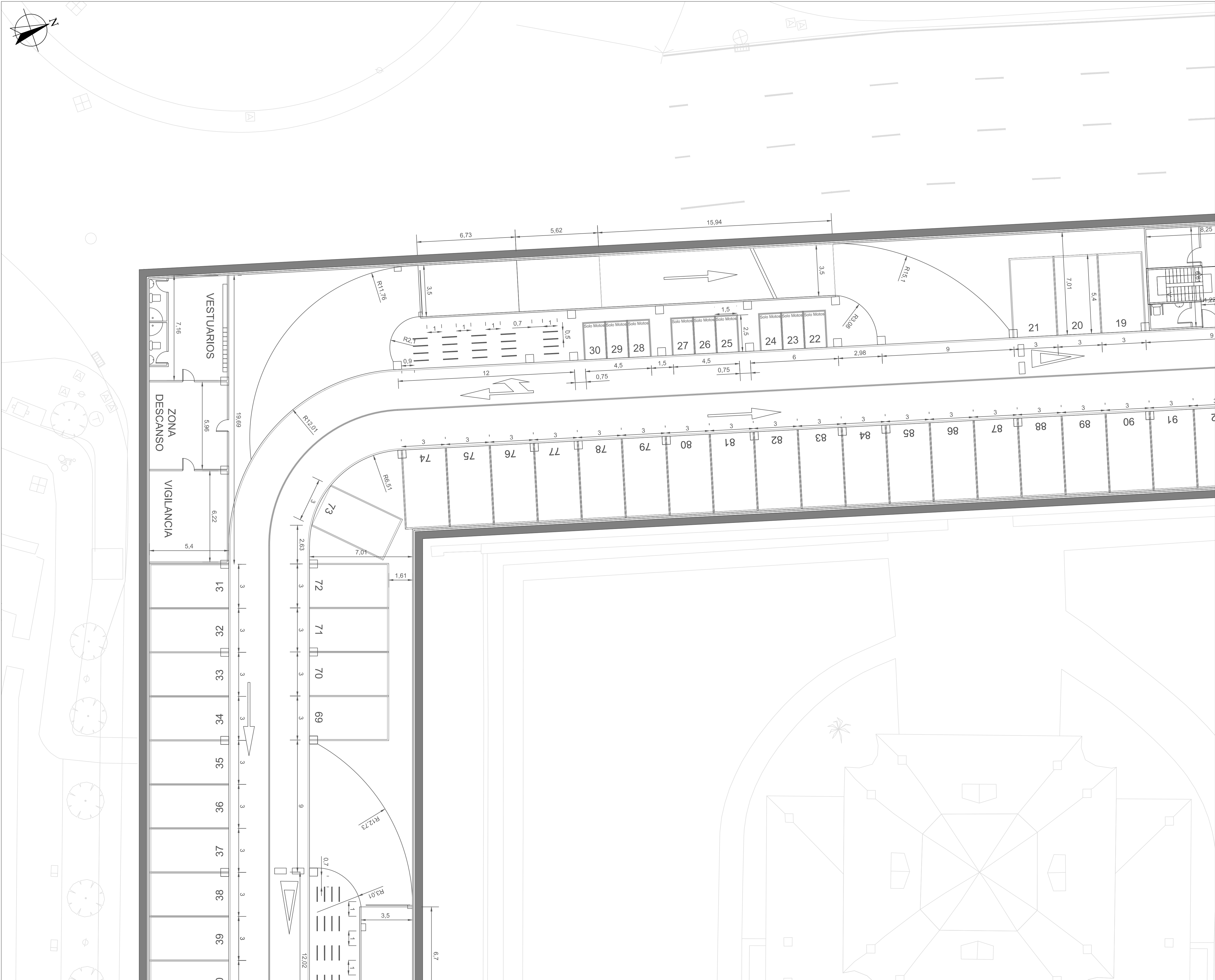
Los distintos elementos que se pueden apreciar en esta hoja y en las siguientes (hasta la hoja 4) ya están definidos en el plano "Planta General - Plano Guía", por lo que no será necesario volver a definirlos.

En dicho plano Hoja 1 se indican las dimensiones de:

- Pasillo central y rotonda interior para cambio de sentido.
- Plazas de aparcamiento según tipología (normal, reservado para discapacitados de movilidad reducida, reservado para vehículos eléctricos y motos)
- Acceso de vehículos planta segunda, indicando sus correspondientes radios de giro.
- Sala/Cuarto de accesos peatonales, donde se ubican las escaleras, ascensores y los aseos.
- Sala de almacén

UBICACIÓN HOJA 1 (ZONA RAYADA ROJO)



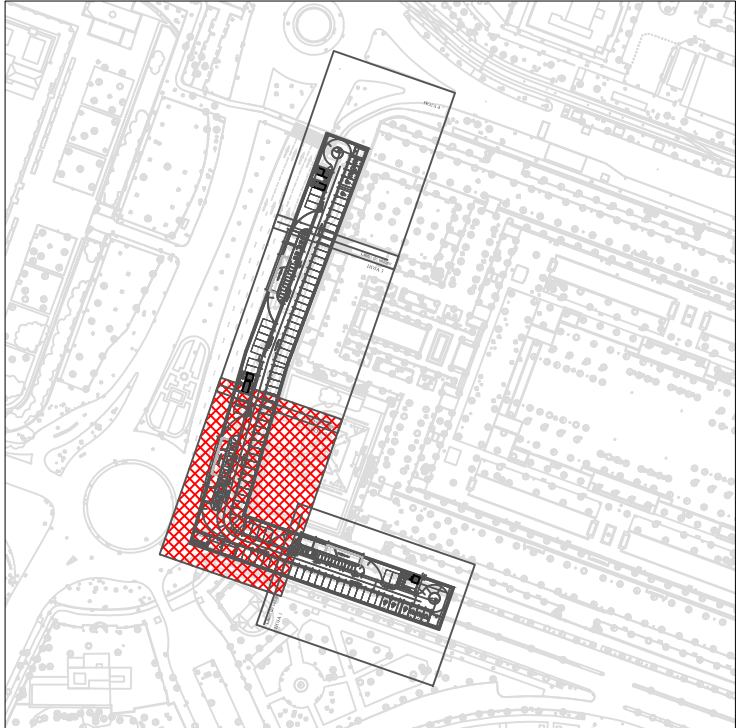


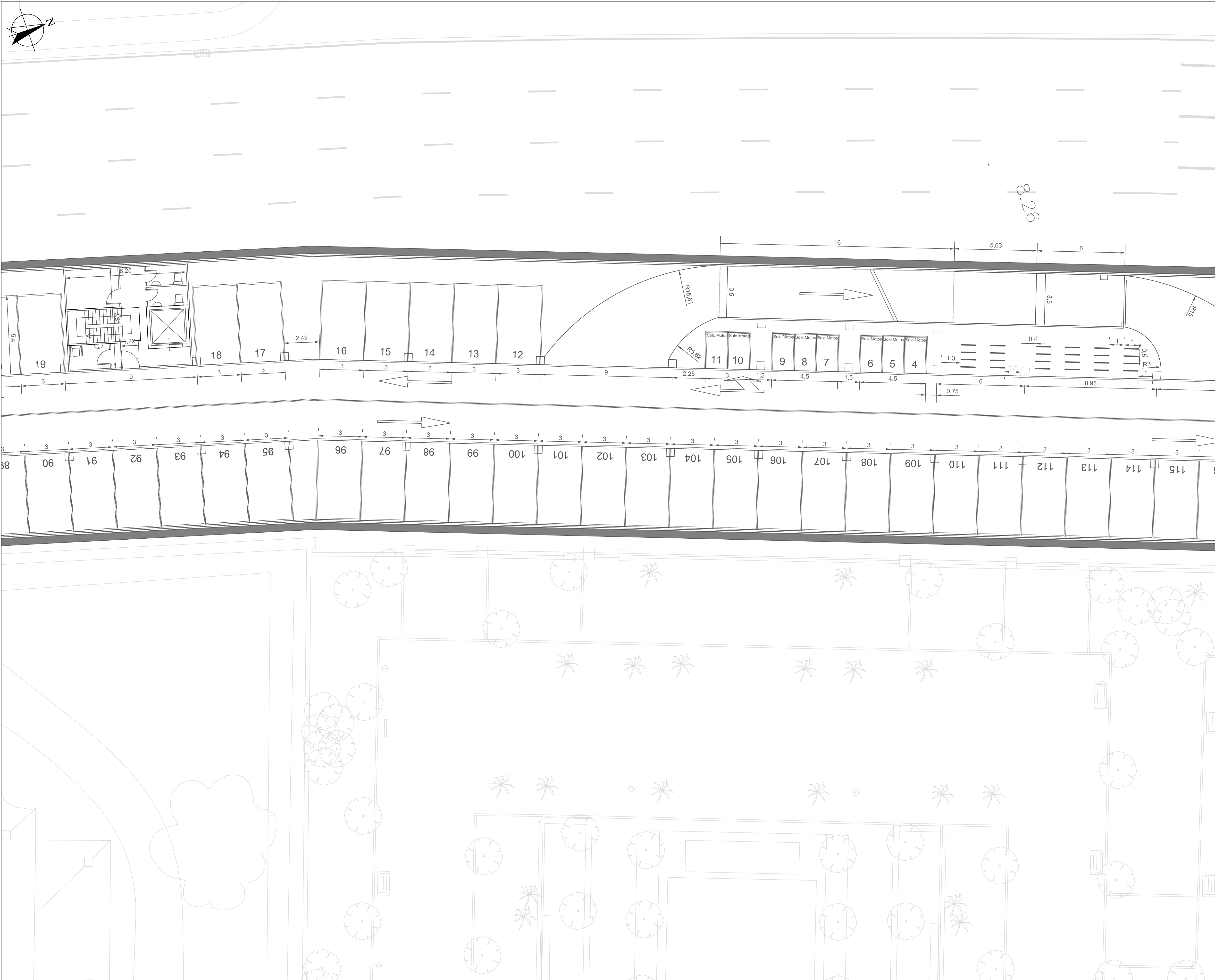
Este plano define la geometría y dimensiones, en planta, de todos los elementos que conforman la ejecución del aparcamiento subterráneo, correspondiente a la Hoja 2.

En dicho plano Hoja 2 se indican las dimensiones de:

- Pasillo central.
- Plazas de aparcamiento según tipología (normal, reservado a discapacitados de movilidad reducida y motos)
- Salida de vehículos a superficie y acceso de planta segunda a primera, indicando sus correspondientes radios de giro.
- Sala/Cuarto de accesos peatonales, donde se ubican las escaleras, ascensores y los aseos.
- Sala de vigilancia, con su zona de descanso y vestuario exclusivamente para los trabajadores.

UBICACIÓN HOJA 2 (ZONA RAYADA ROJO)



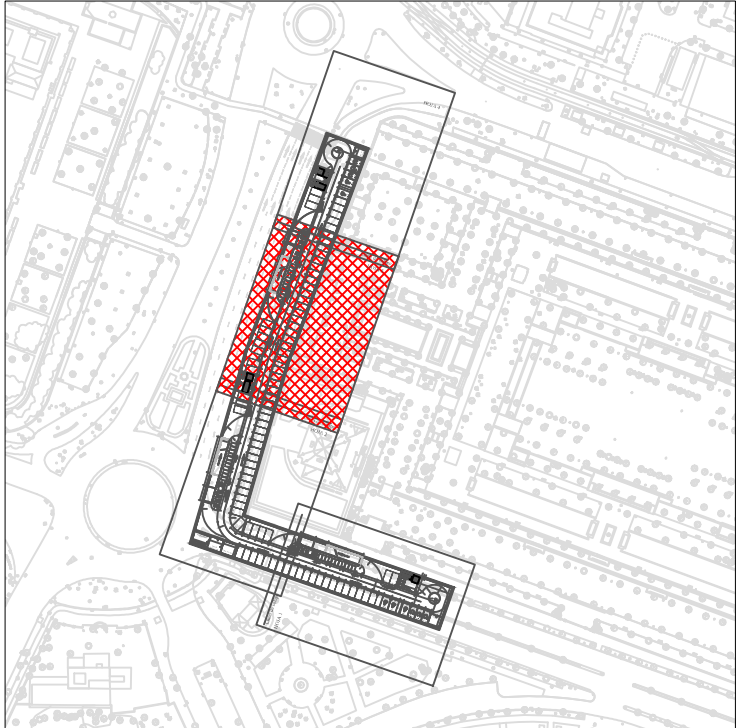


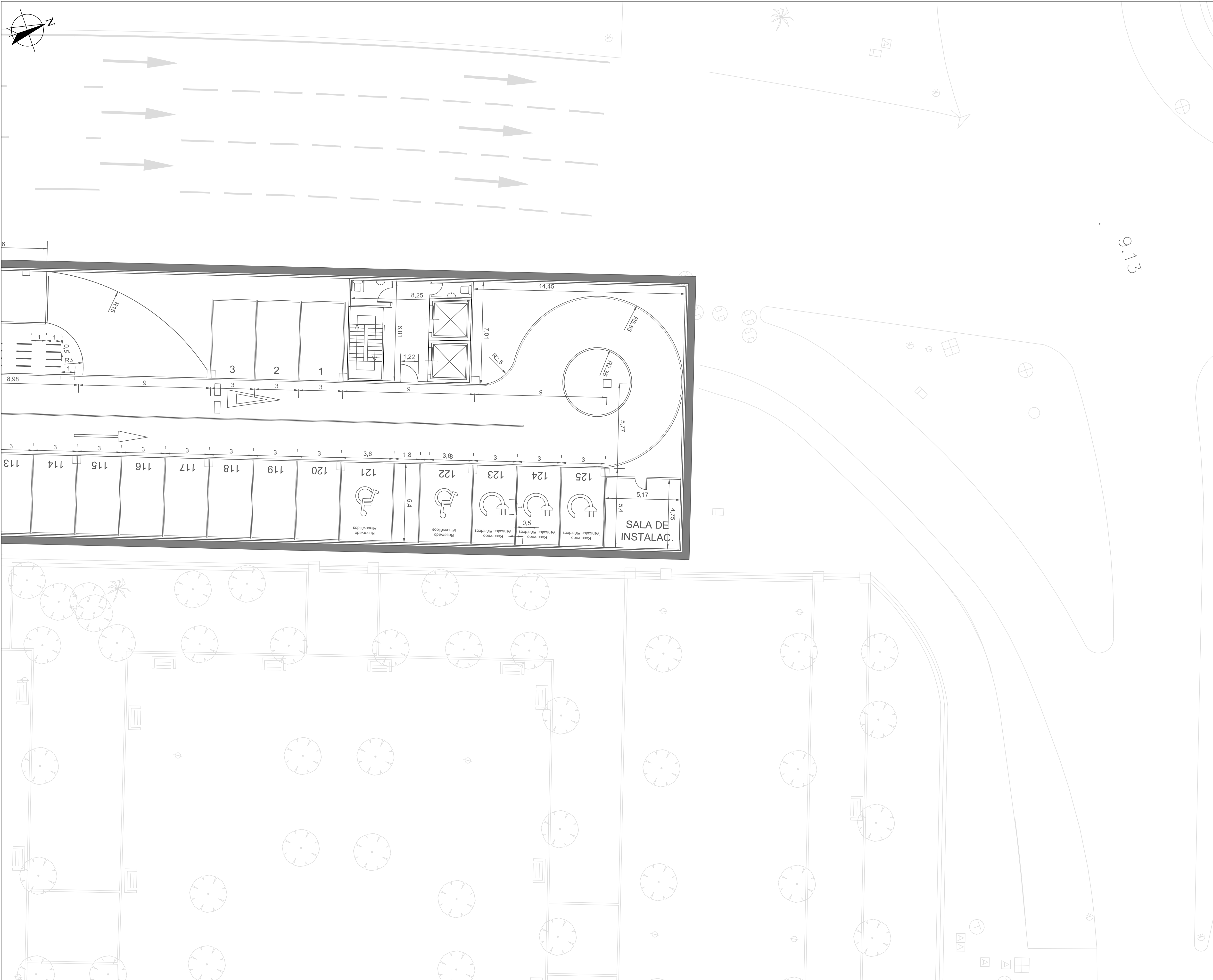
Este plano define la geometría y dimensiones, en planta, de todos los elementos que conforman la ejecución del aparcamiento subterráneo, correspondiente a la Hoja 3.

En dicho plano Hoja 3 se indican las dimensiones de:

- Pasillo central.
- Plazas de aparcamiento según tipología (normal, y reservado a discapacitados de movilidad reducida)
- Salida de vehículos a superficie y acceso de planta segunda a primera, indicando sus correspondientes radios de giro.
- Sala/Cuarto de accesos peatonales, donde se ubican las escaleras, ascensores y los aseos.

UBICACIÓN HOJA 3 (ZONA RAYADA ROJO)



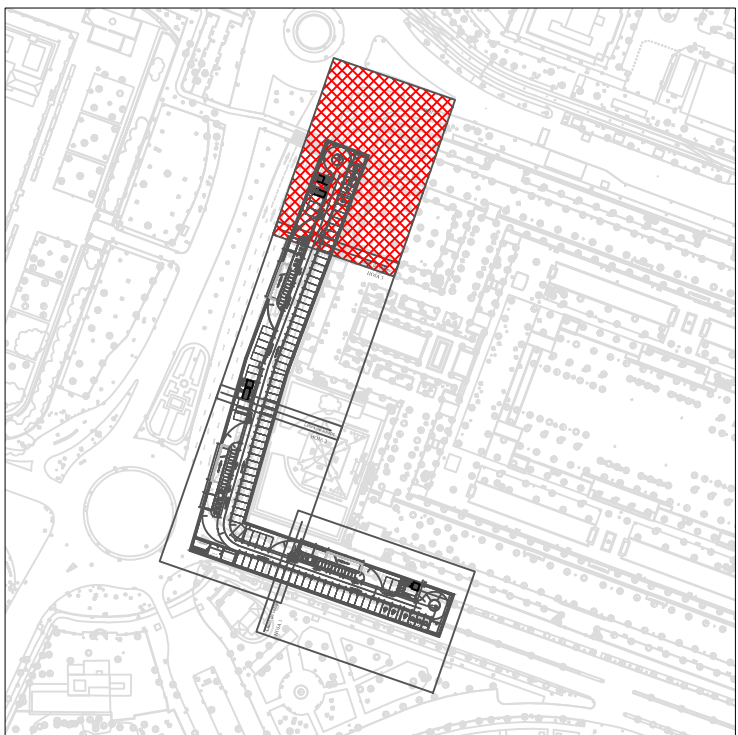


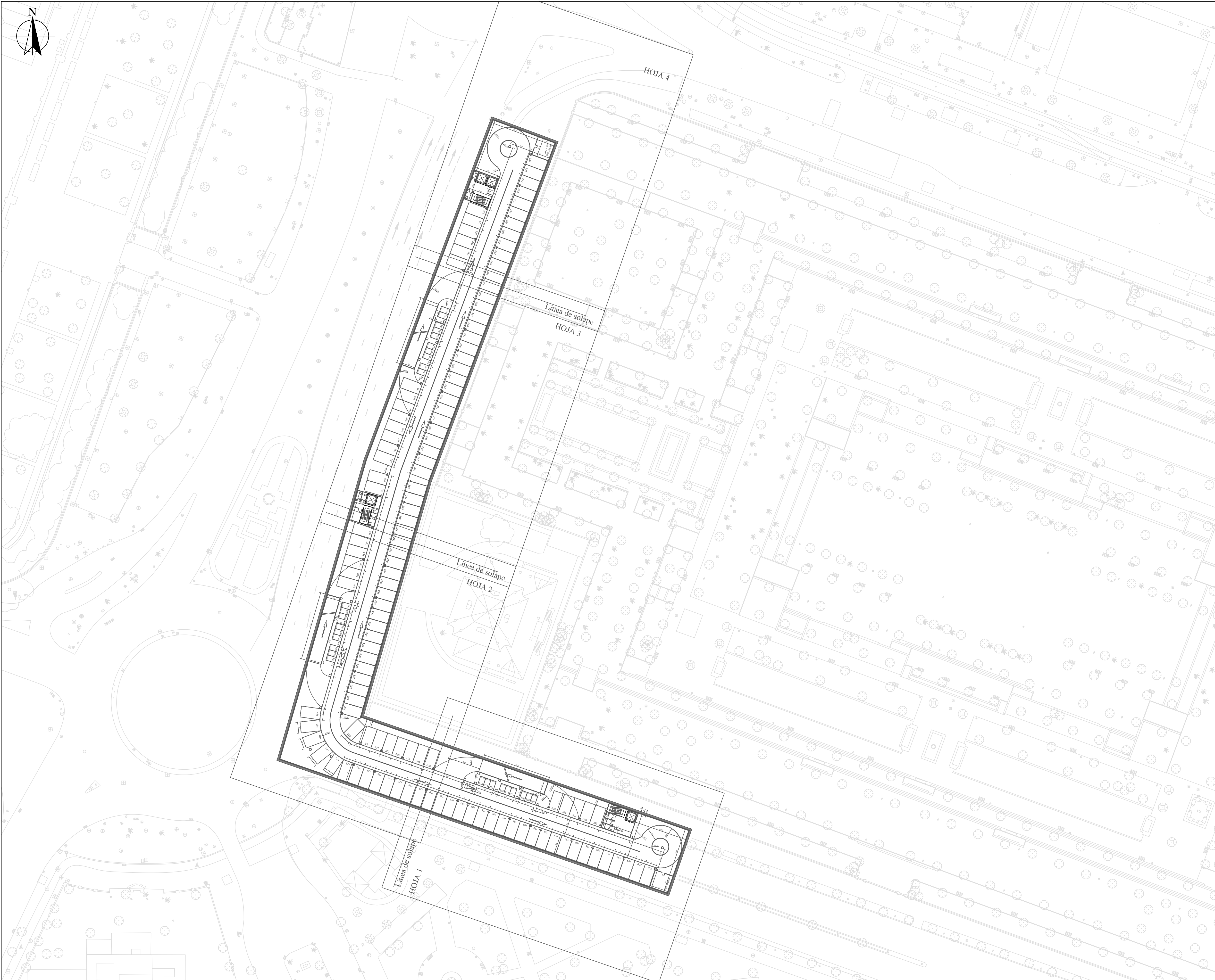
Este plano define la geometría y dimensiones, en planta, de todos los elementos que conforman la ejecución del aparcamiento subterráneo, correspondiente a la Hoja 4.

En dicho plano Hoja 4 se indican las dimensiones de:

- Pasillo central y rotonda interior para cambio de sentido.
- Plazas de aparcamiento según tipología (normal, y reservado a discapacitados de movilidad reducida)
- Entrada de vehículos a superficie y acceso a planta segunda, indicando sus correspondientes radios de giro.
- Sala/Cuarto de accesos peatonales, donde se ubican las escaleras, ascensores y los aseos.
- Sala de Instalaciones, donde se encuentran las máquinas (de bombeo de aguas, drenaje, etc.)

UBICACIÓN HOJA 4 (ZONA RAYADA ROJO)



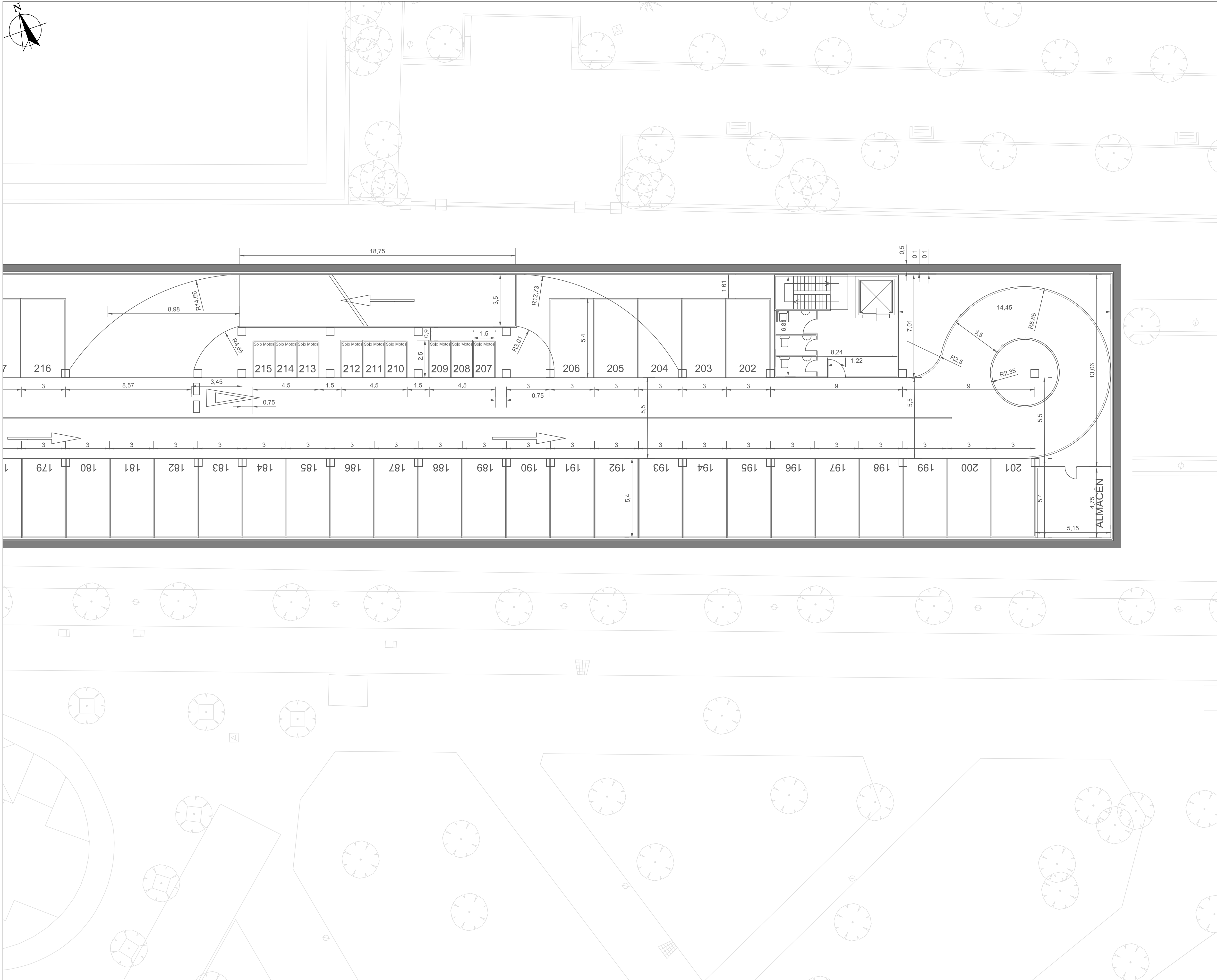


PLANTA GENERAL - PLANO GUÍA

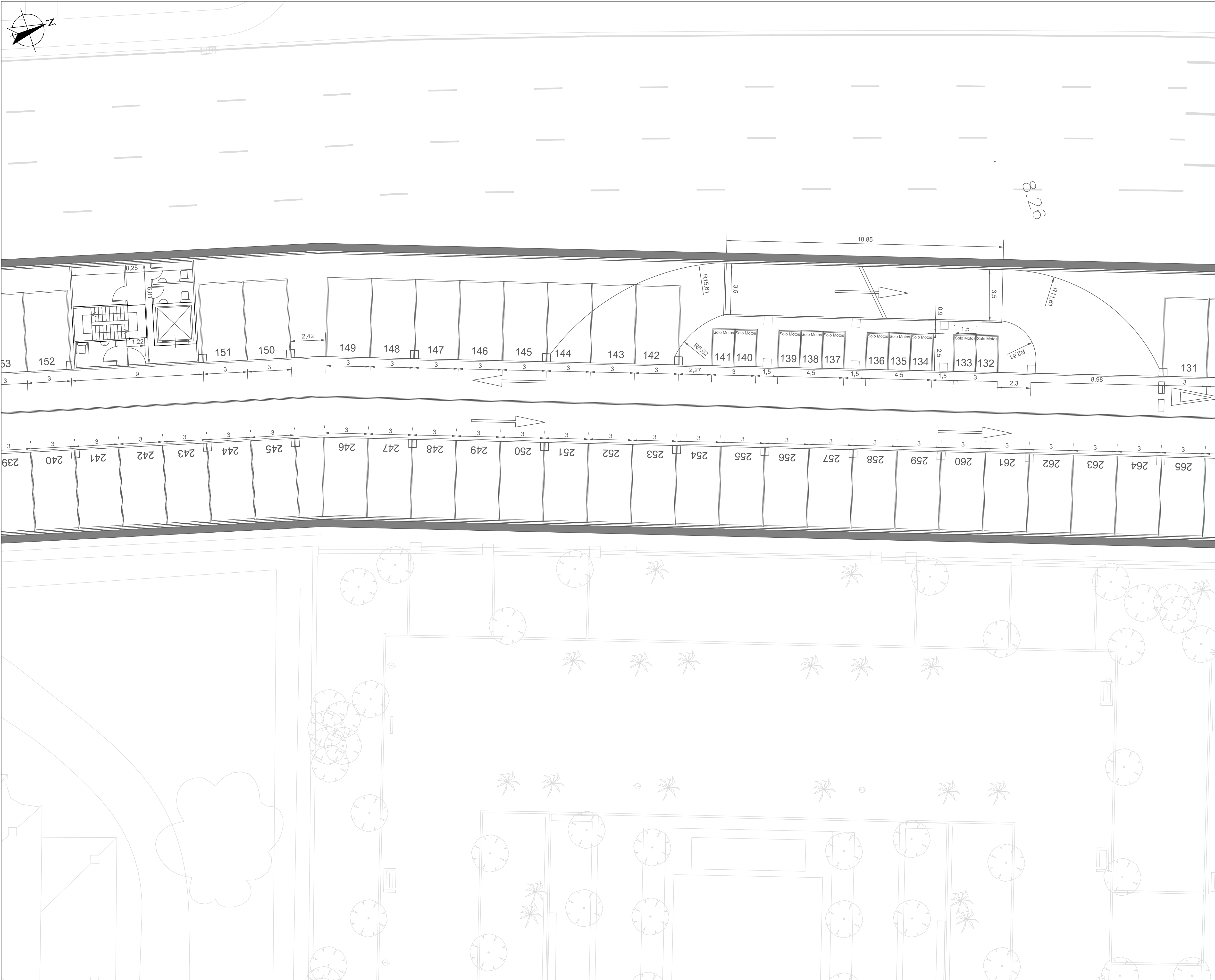
Este plano servirá de guía para definir la geometría y dimensiones, en planta, es decir en el plano X e Y, de la planta primera del aparcamiento subterráneo, que se divide en hojas sucesivas adyacentes unas de otras y que se definirán en los planos siguientes. Estará formado por 4 hojas, estableciéndose como numeración de las hojas en el sentido de derecha a izquierda.

LEYENDA

	PLAZA APARCAMIENTO RESERVADO MINUSVALIDOS		ASEOS APARCAMIENTO
	PLAZA APARCAMIENTO RESERVADO VEHICULOS ELECTRICOS		PUERTA
	PLAZA APARCAMIENTO NORMAL		CUARTO ALMACÉN
	PLAZA APARCAMIENTO MOTOS		SALA INSTALACIONES
	ACCESO VEHICULOS APARCAMIENTO		CUARTO PERSONAL VIGILANCIA
	MARCA VIAL CEDA EL PASO		SALA VIGILANCIA
	MARCA VIAL DIRECCIÓN CARRIL		ZONA DESCANSO PERSONAL
	MARCA VIAL DELIMITACIÓN CARRILES		ZONA VESTUARIO PERSONAL
	DISPOSITIVO Y BARRERA DE ACCESO APARCAMIENTO		ZONA DESTINADA APARCAMIENTO BICICLETAS (PILARES)
	CUARTO DE ACCESOS PEATONALES		PARAMENTOS
	ASCENSOR APARCAMIENTO		PILARES HORMIGÓN 45x45 cm
	ESCALERAS APARCAMIENTO		PERÍMETRO APARCAMIENTO FORMADO POR PARAMENTO, CÁMARA AIRE Y MURO PANTALLA (SOMBREADO)



- Pasillo central.
- Plazas de aparcamiento según tipología (normal, reservado a discapacitados de movilidad reducida y motos)
- Salida de vehículos a superficie y acceso de planta segunda a primera, indicando sus correspondientes radios de giro.
- Sala/Cuarto de accesos peatonales, donde se ubican las escaleras, ascensores y los aseos.
- Sala de vigilancia, con su zona de descanso y vestuario exclusivamente para los trabajadores.

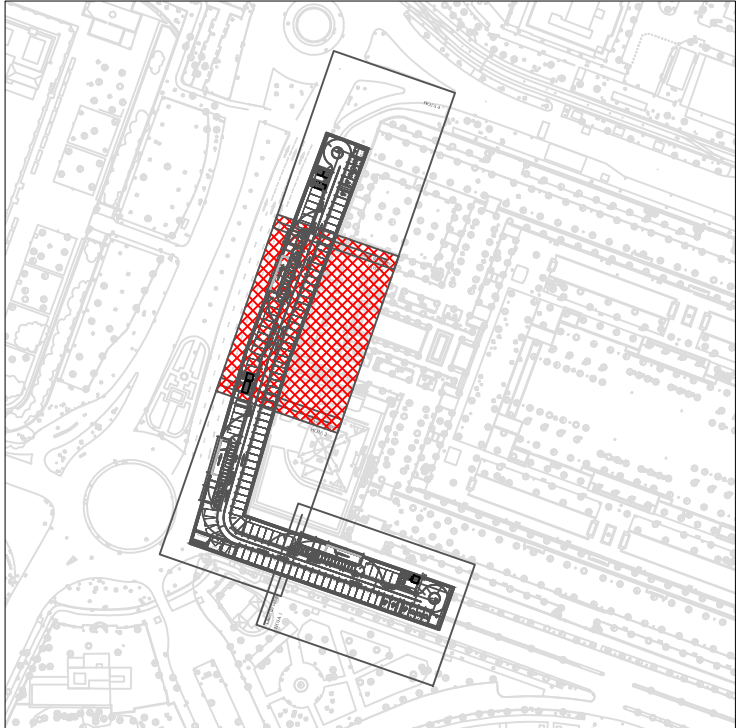


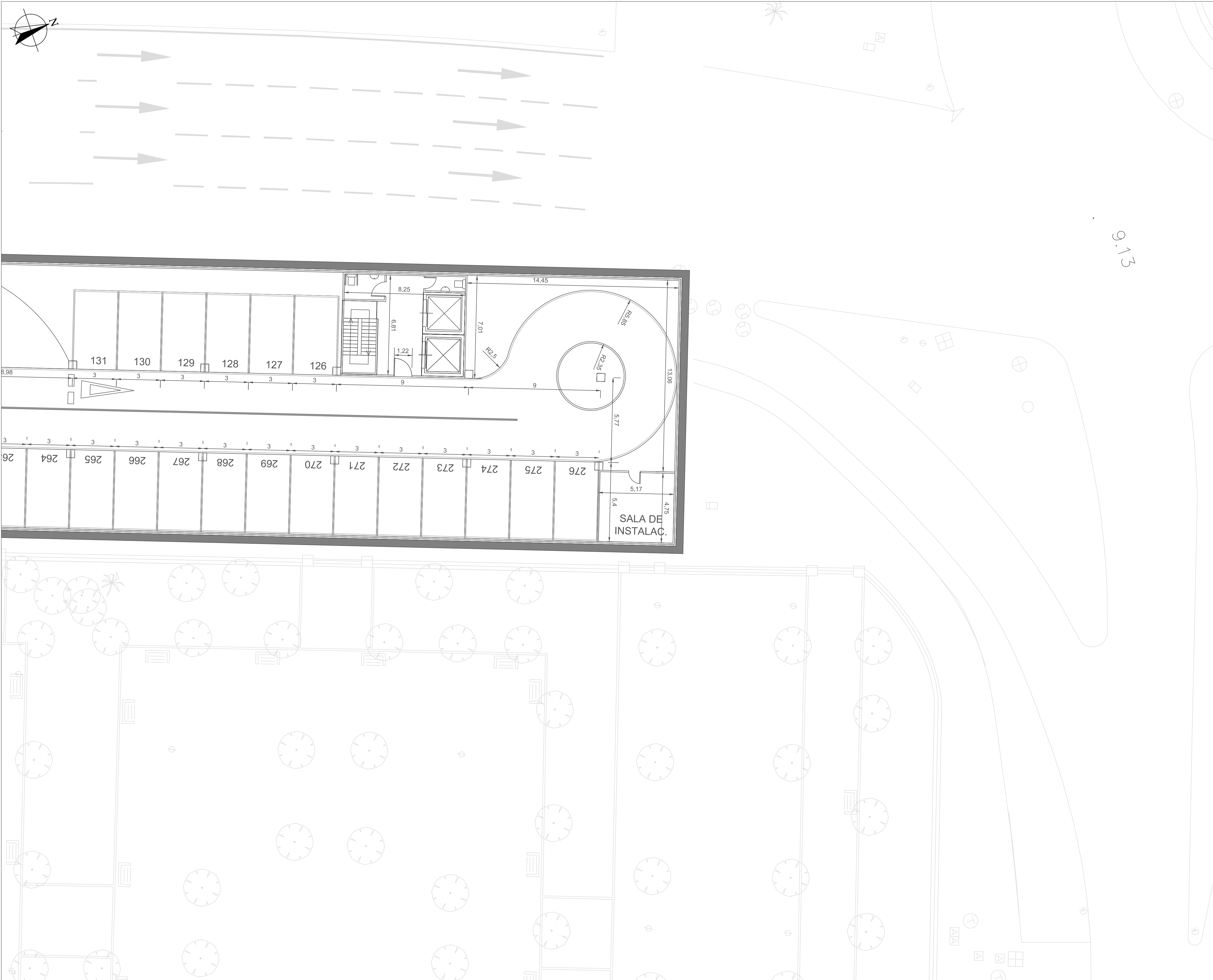
Este plano define la geometría y dimensiones, en planta, de todos los elementos que conforman la ejecución del aparcamiento subterráneo, correspondiente a la Hoja 3.

En dicho plano Hoja 3 se indican las dimensiones de:

- Pasillo central.
- Plazas de aparcamiento según tipología (normal, y reservado a discapacitados de movilidad reducida)
- Salida de vehículos a superficie y acceso de planta segunda a primera, indicando sus correspondientes radios de giro.
- Sala/Cuarto de accesos peatonales, donde se ubican las escaleras, ascensores y los aseos.

UBICACIÓN HOJA 3 (ZONA RAYADA ROJO)



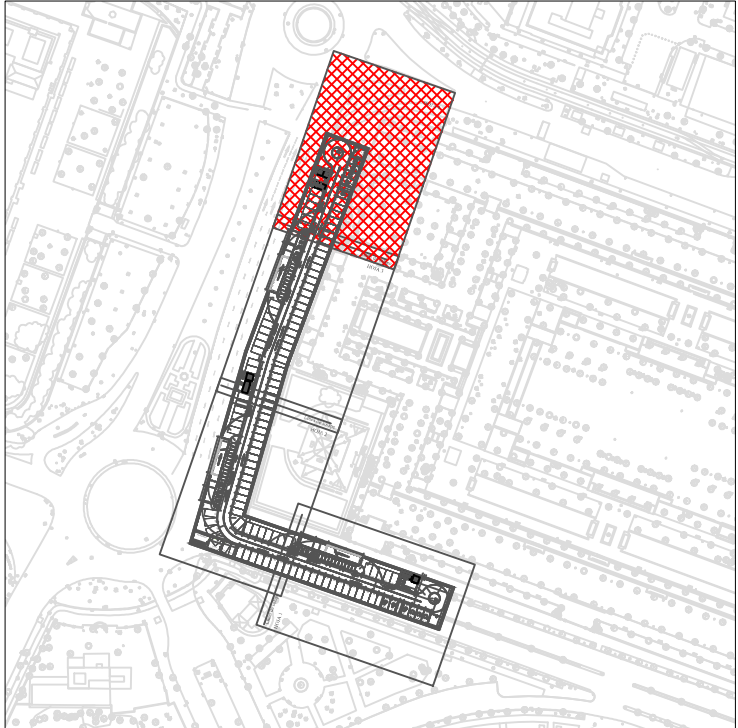


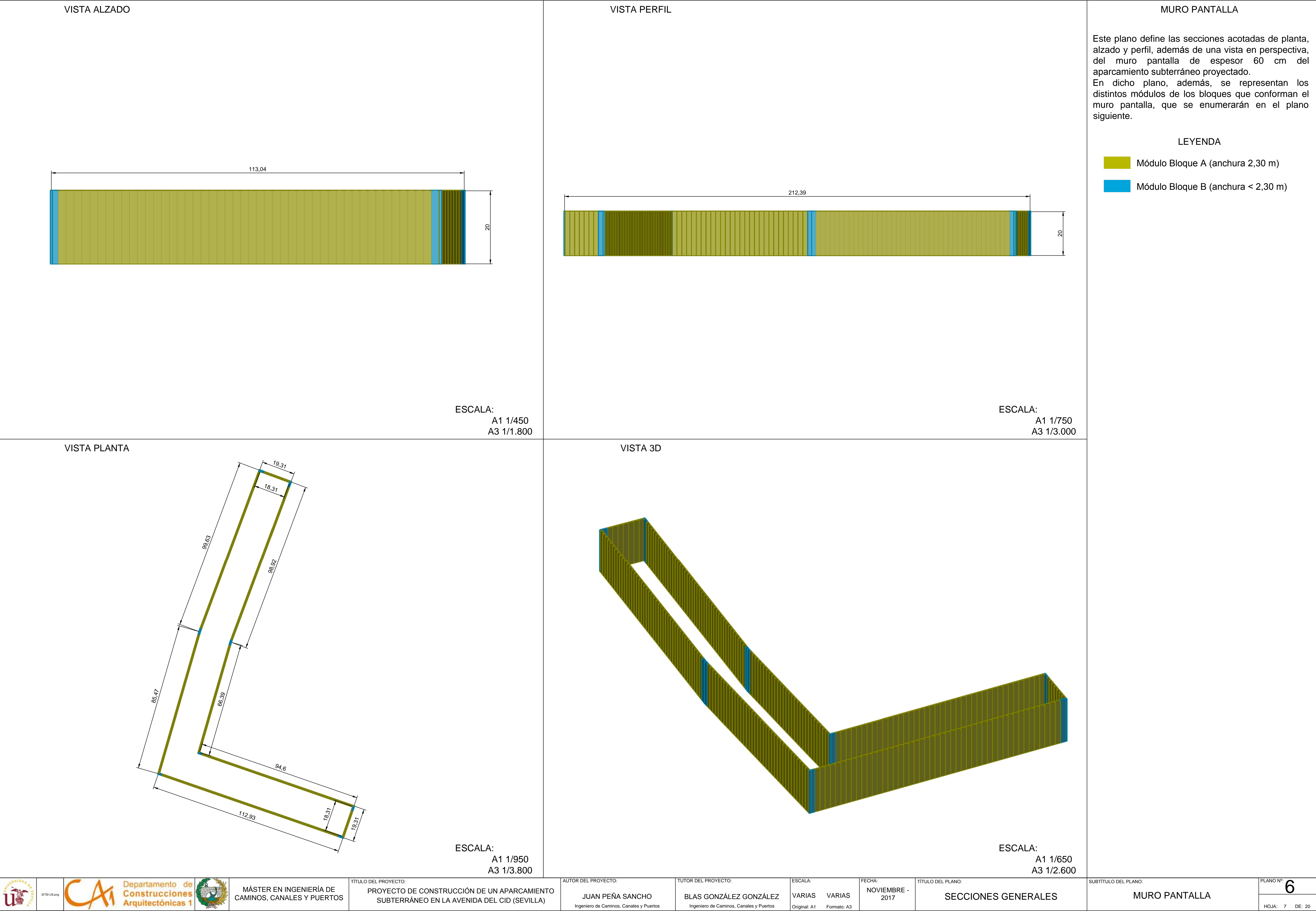
Este plano define la geometría y dimensiones, en planta, de todos los elementos que conforman la ejecución del aparcamiento subterráneo, correspondiente a la Hoja 4.

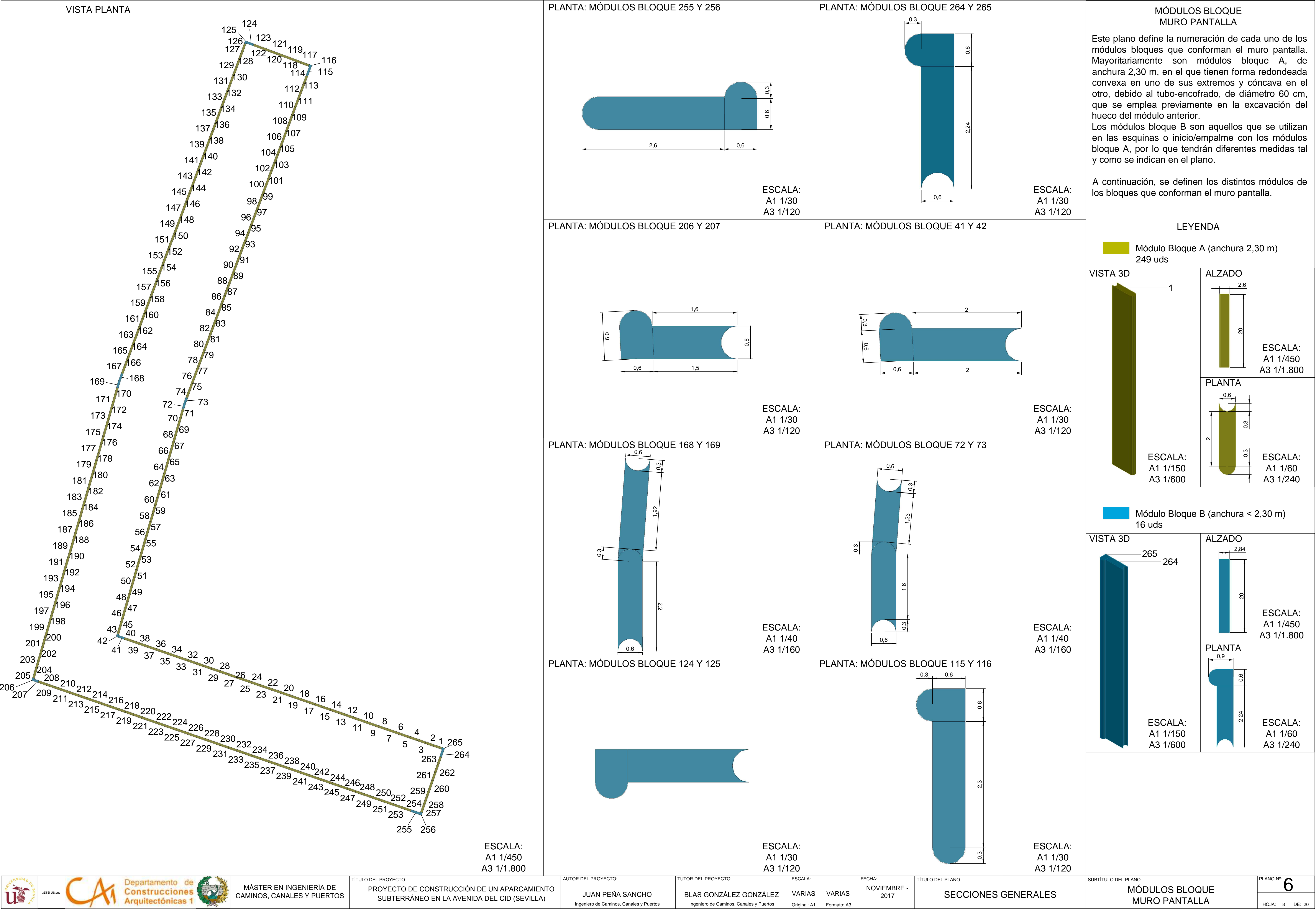
En dicho plano Hoja 4 se indican las dimensiones de:

- Pasillo central y rotonda interior para cambio de sentido.
- Plazas de aparcamiento según tipología (normal, y reservado a discapacitados de movilidad reducida)
- Entrada de vehículos a superficie y acceso a planta segunda, indicando sus correspondientes radios de giro.
- Sala/Cuarto de accesos peatonales, donde se ubican las escaleras, ascensores y los aseos.
- Sala de Instalaciones, donde se encuentran las máquinas (de bombeo de aguas, drenaje, etc.)

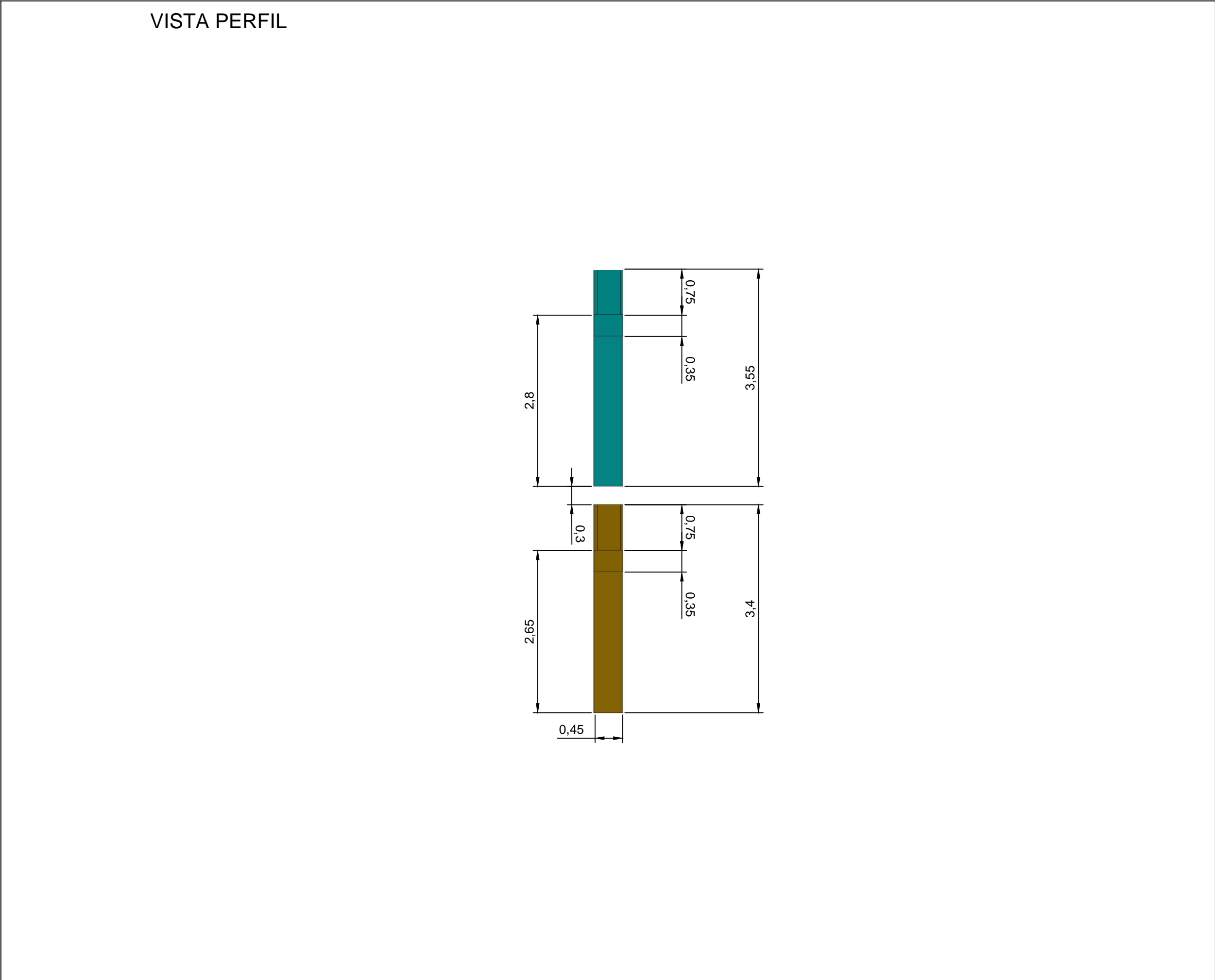
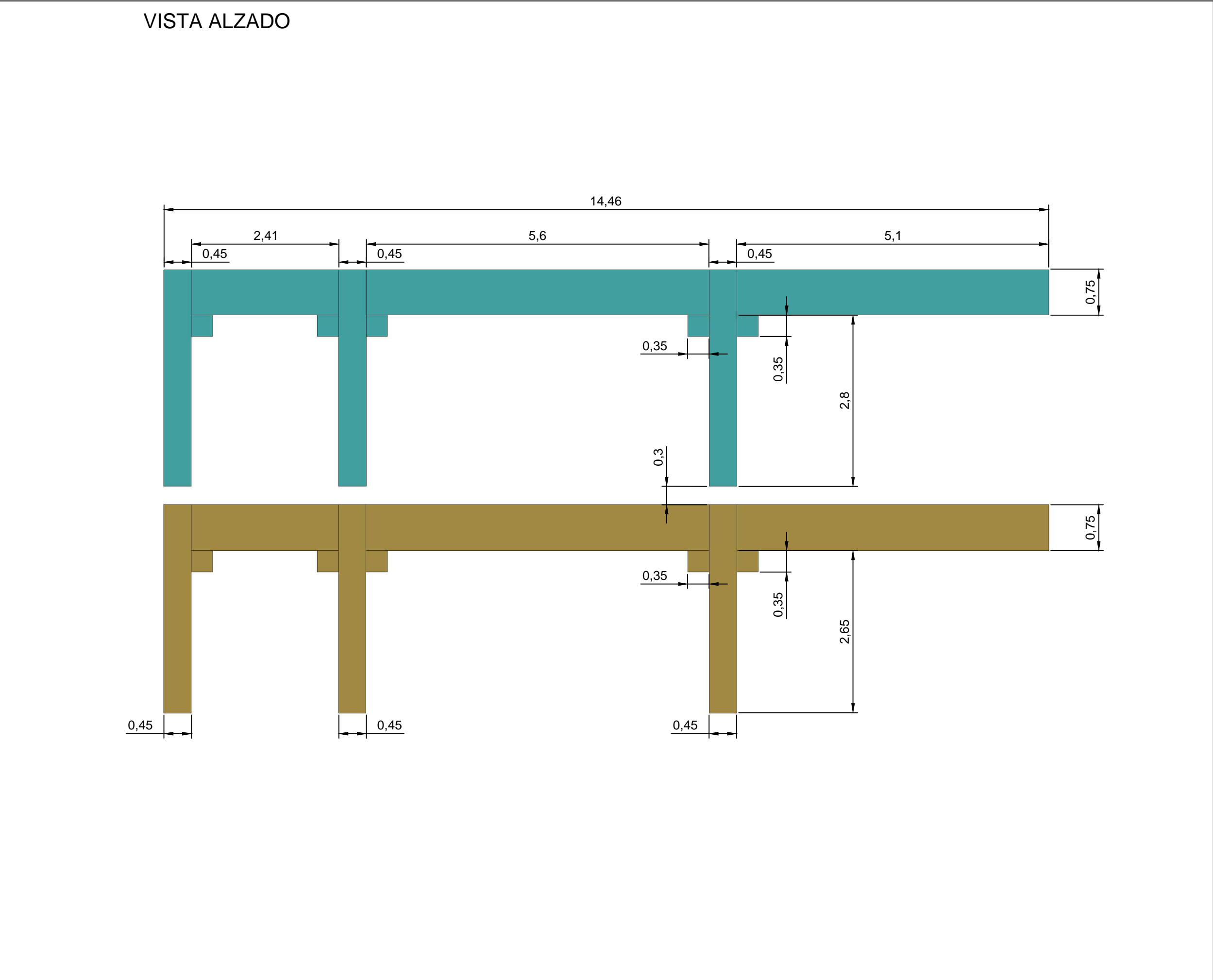
UBICACIÓN HOJA 4 (ZONA RAYADA ROJO)









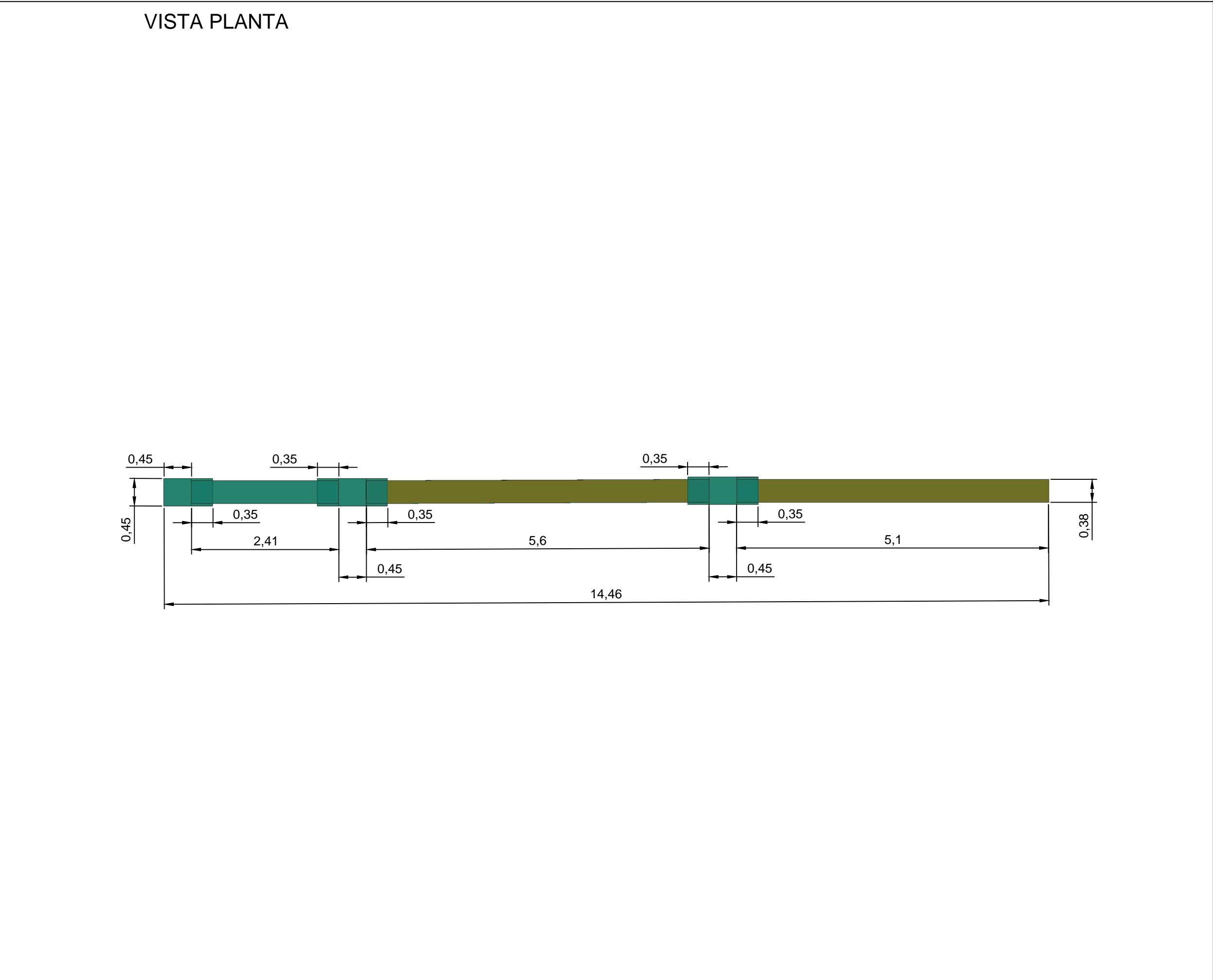


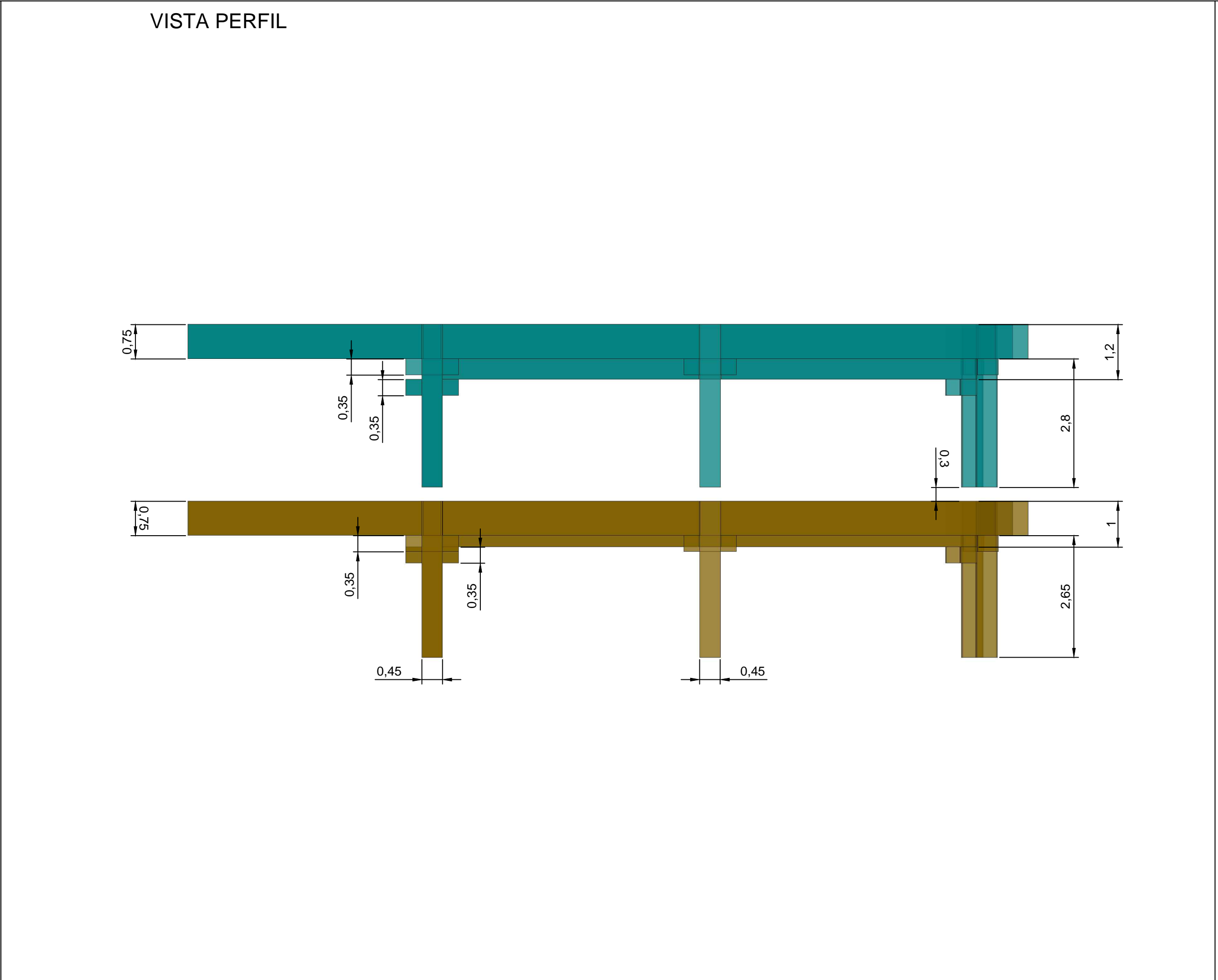
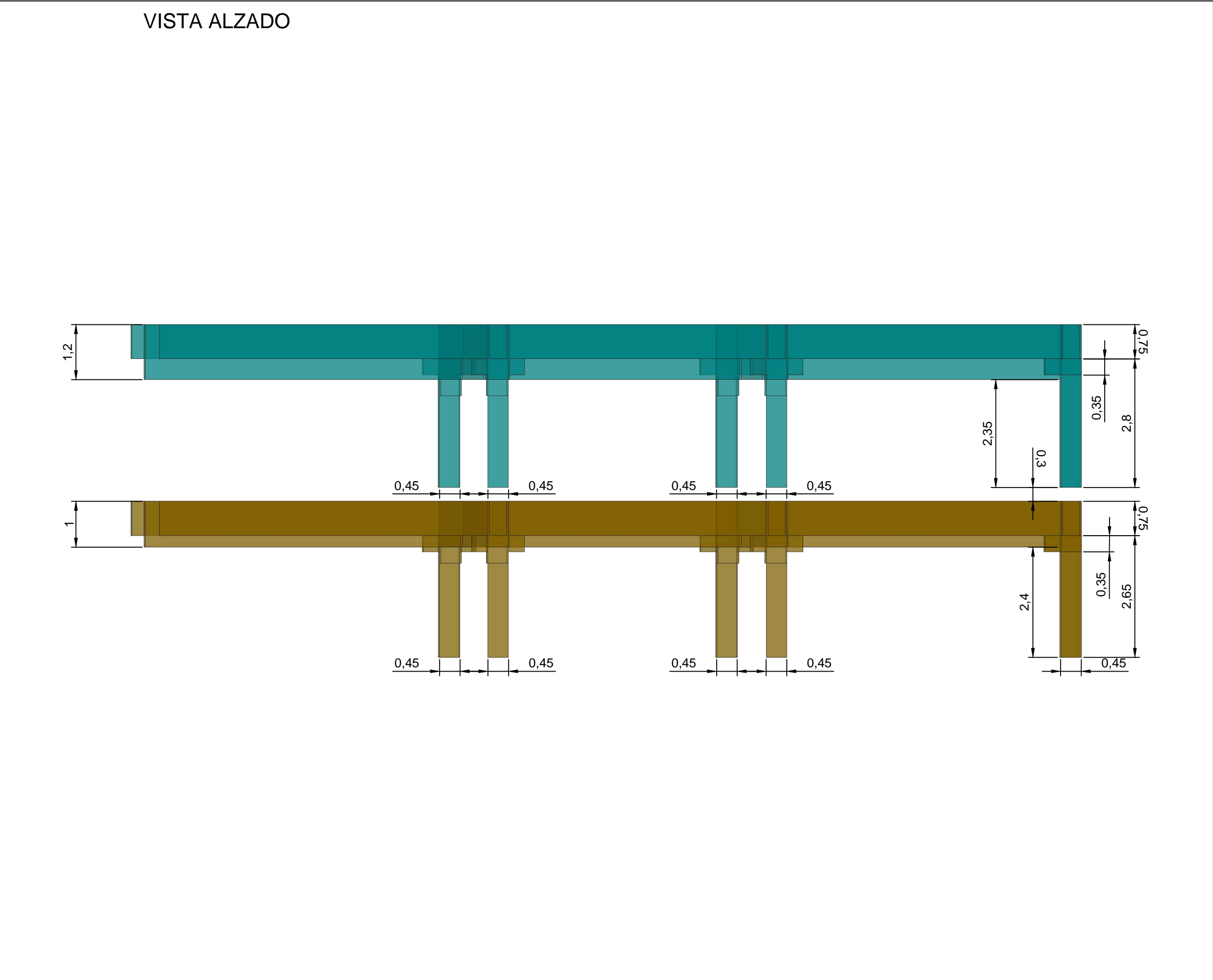
SECCIONES PÓRTICO TIPO 3

Este plano define las secciones acotadas de planta, alzado y perfil, además de una vista en perspectiva, correspondiente a los Pórticos Tipo 3 del aparcamiento subterráneo proyectado. Las dimensiones y características geométricas de los Pórticos definidos en este plano son idénticos para todos los que conforman el aparcamiento subterráneo.

LEYENDA

- Planta Segunda
- Planta Primera



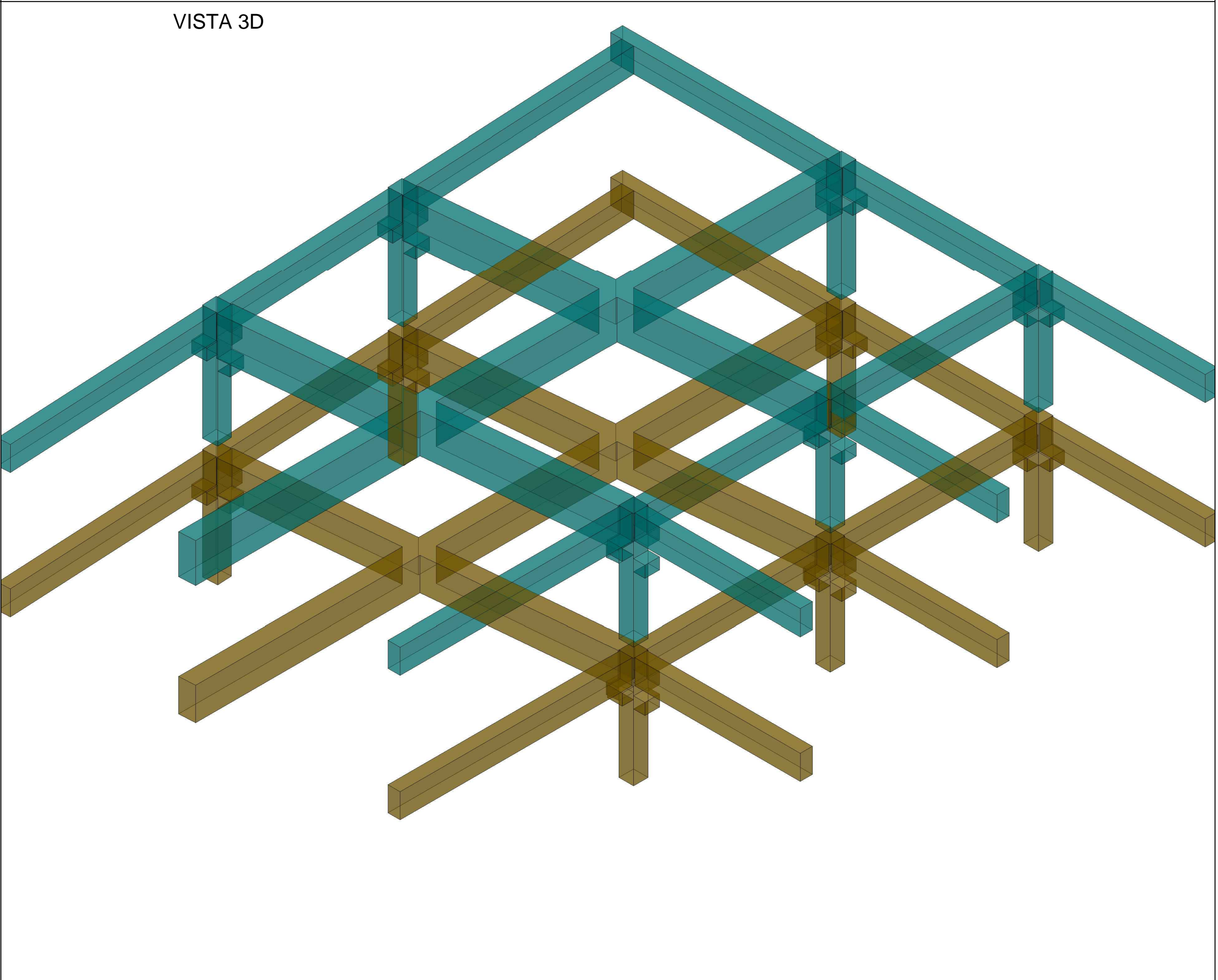
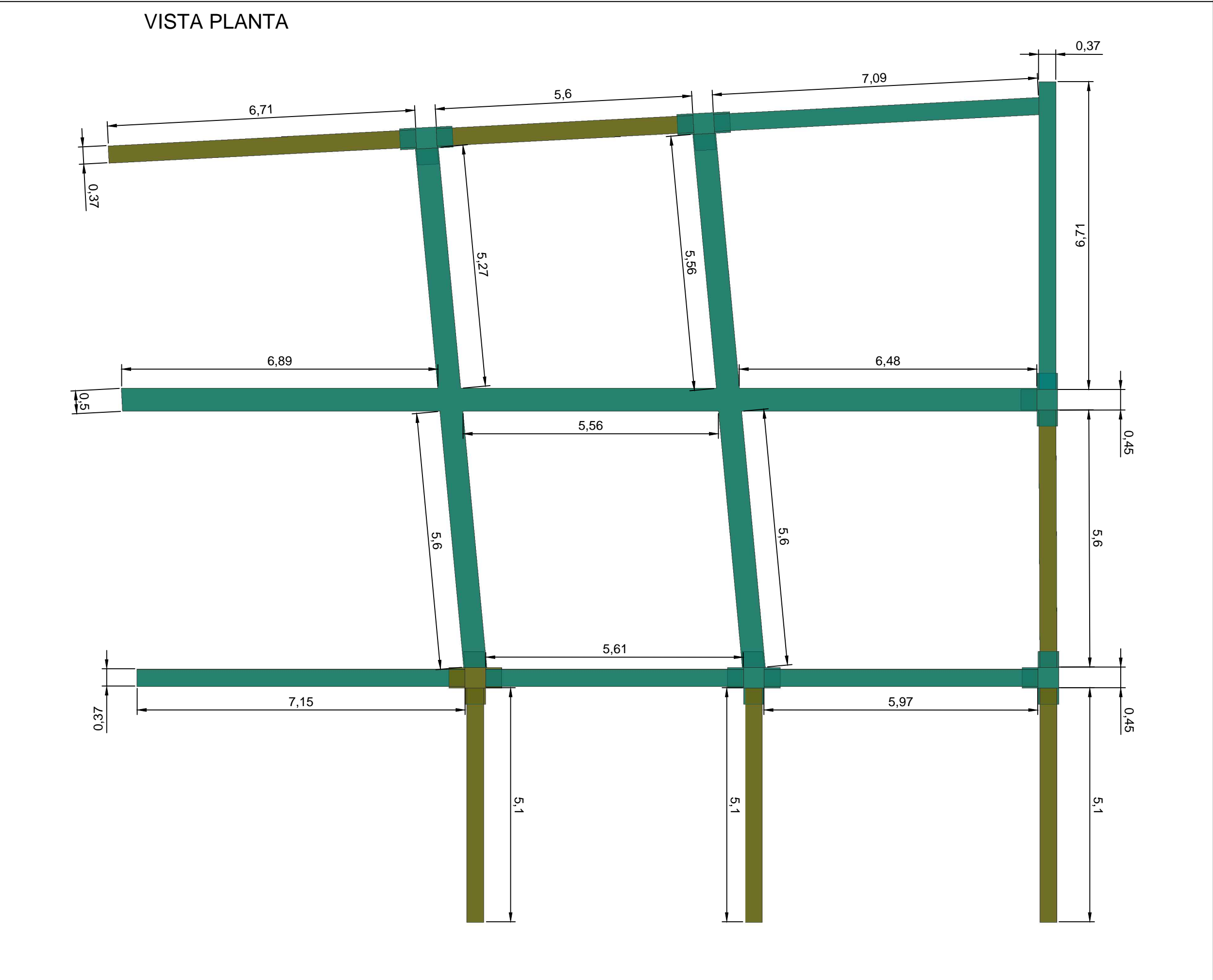


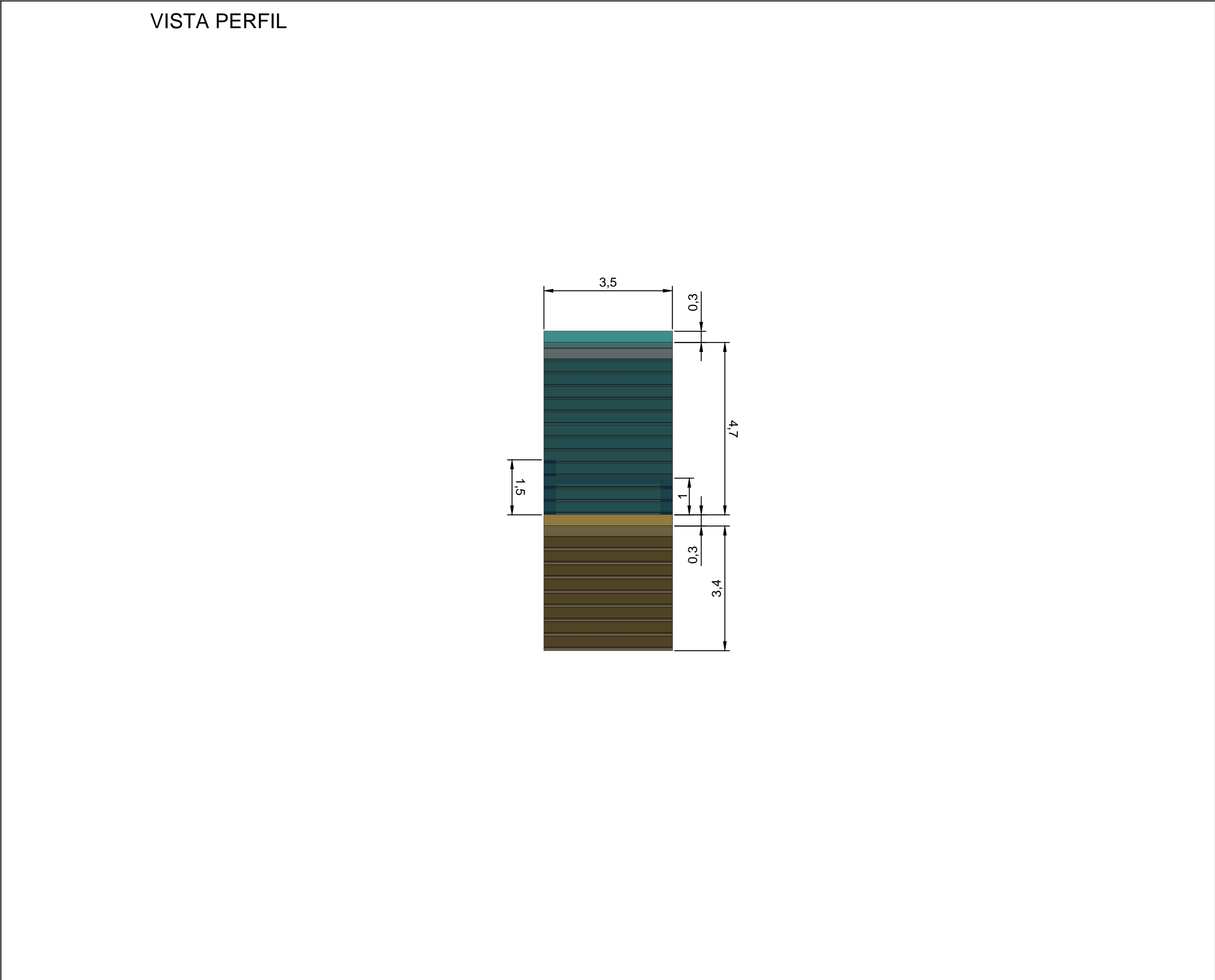
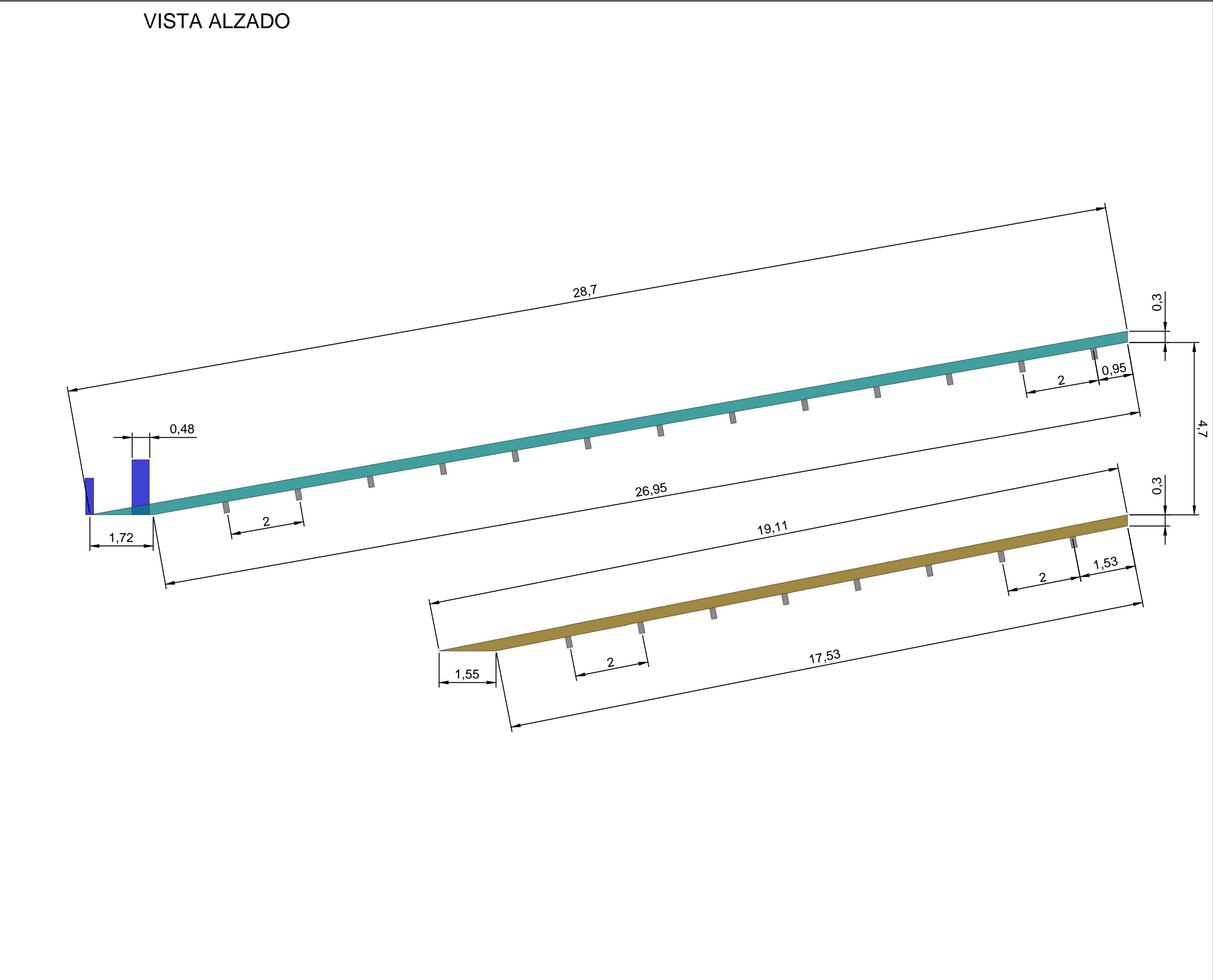
SECCIONES PÓRTICO EMPARRILLADO

Este plano define las secciones acotadas de planta, alzado y perfil, además de una vista en perspectiva, correspondiente a los Pórticos Emparrillado del aparcamiento subterráneo proyectado. Las dimensiones y características geométricas de los Pórticos definidos en este plano son idénticos para todos los que conforman el aparcamiento subterráneo.

LEYENDA

- Planta Segunda
- Planta Primera



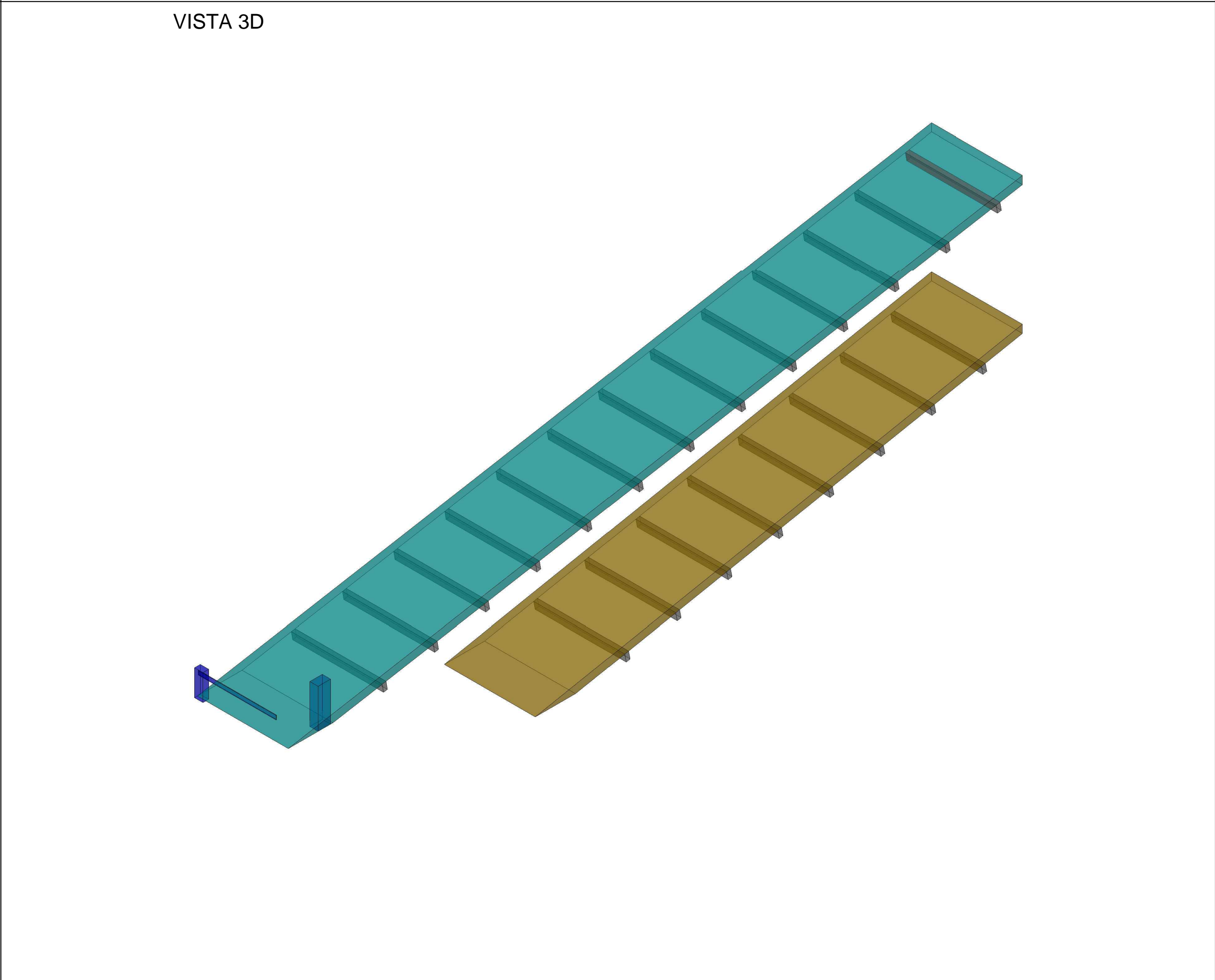
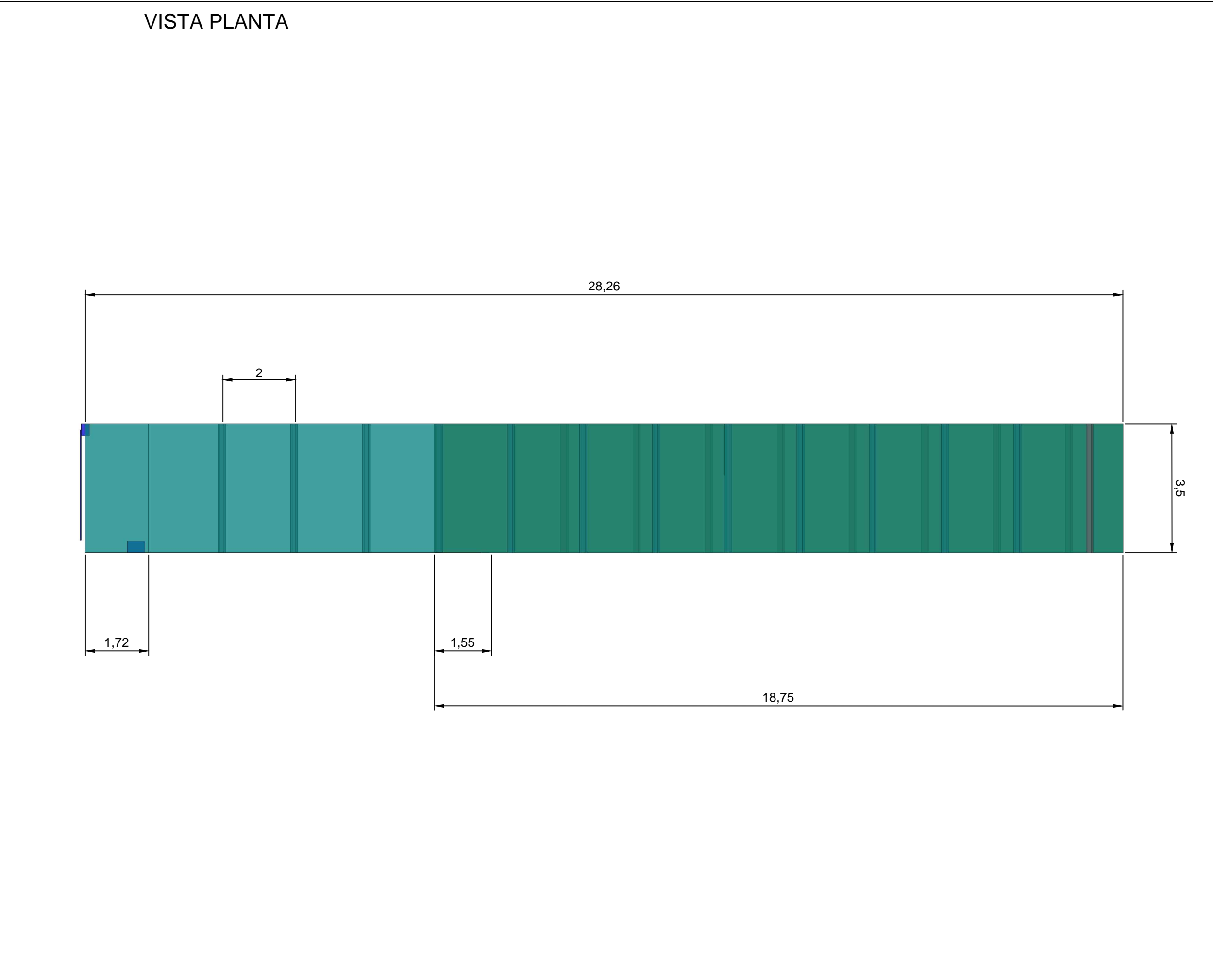


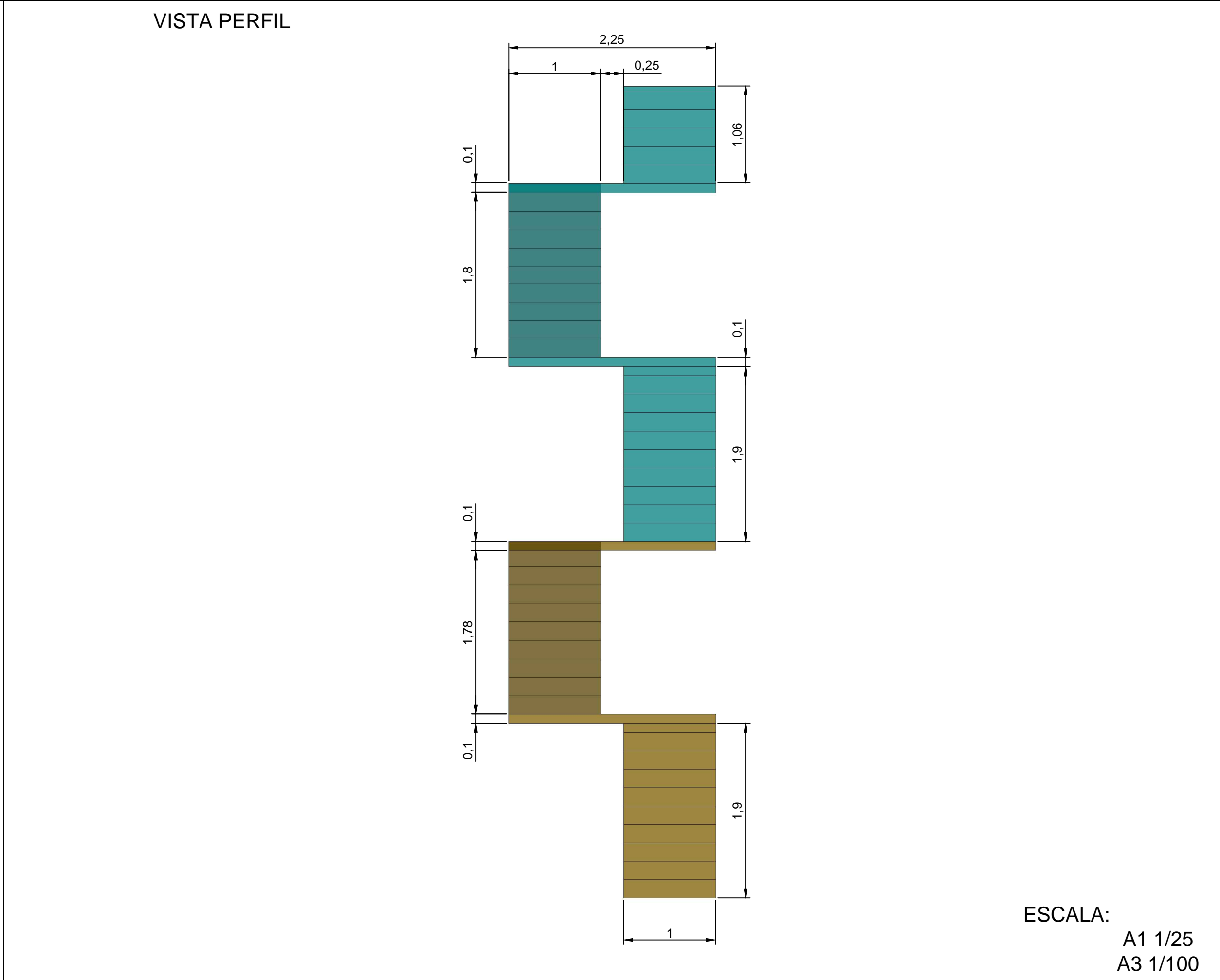
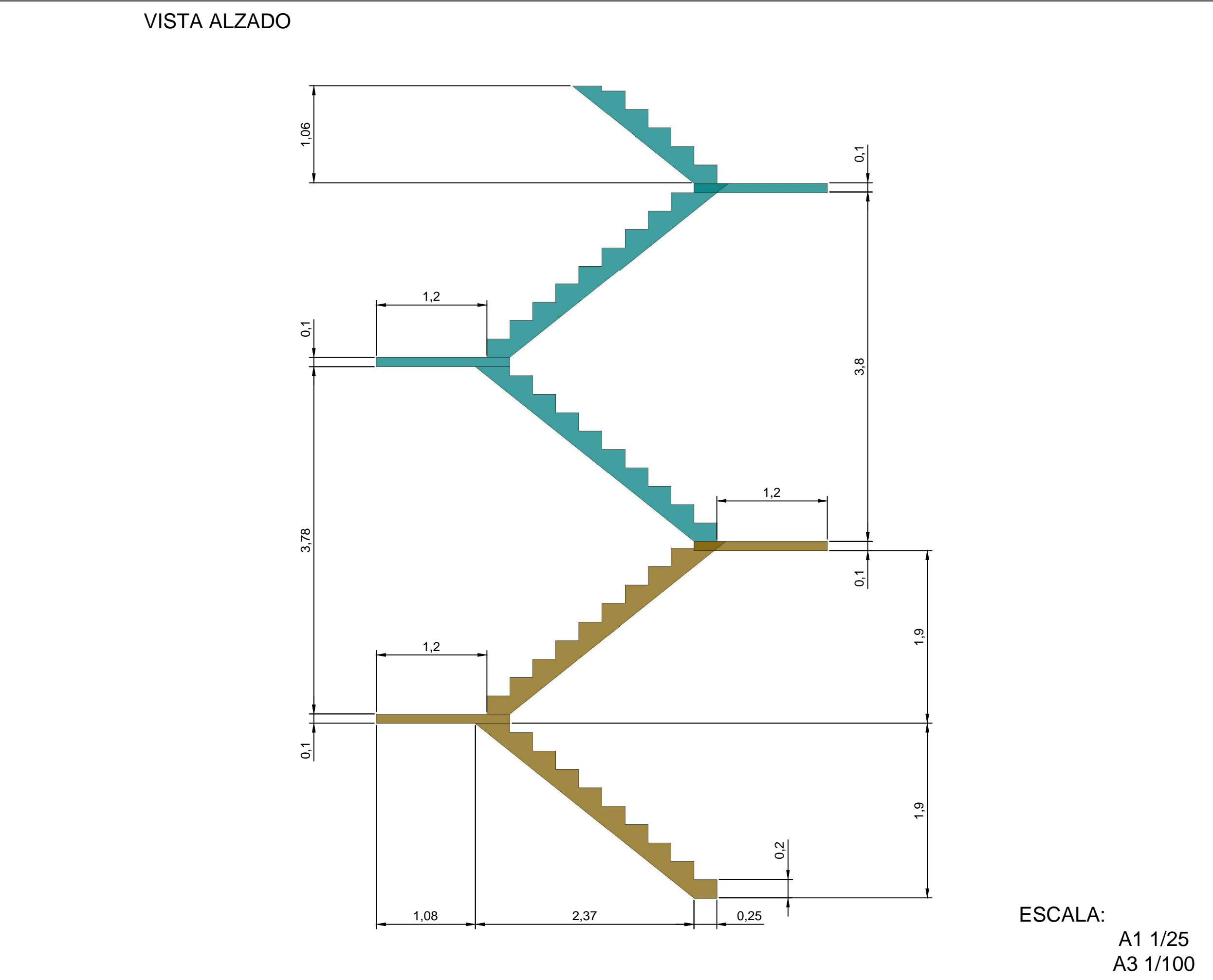
SECCIONES RAMPAS ACCESO

Este plano define las secciones acotadas de planta, alzado y perfil, además de una vista en perspectiva, de las rampas de acceso del aparcamiento subterráneo proyectado. Las dimensiones y características geométricas de las escaleras definidas en este plano son idénticas para todas las que conforman el aparcamiento subterráneo.

LEYENDA

- Acceso Planta Primera - Planta Segunda
- Acceso Superficie - Planta Primera



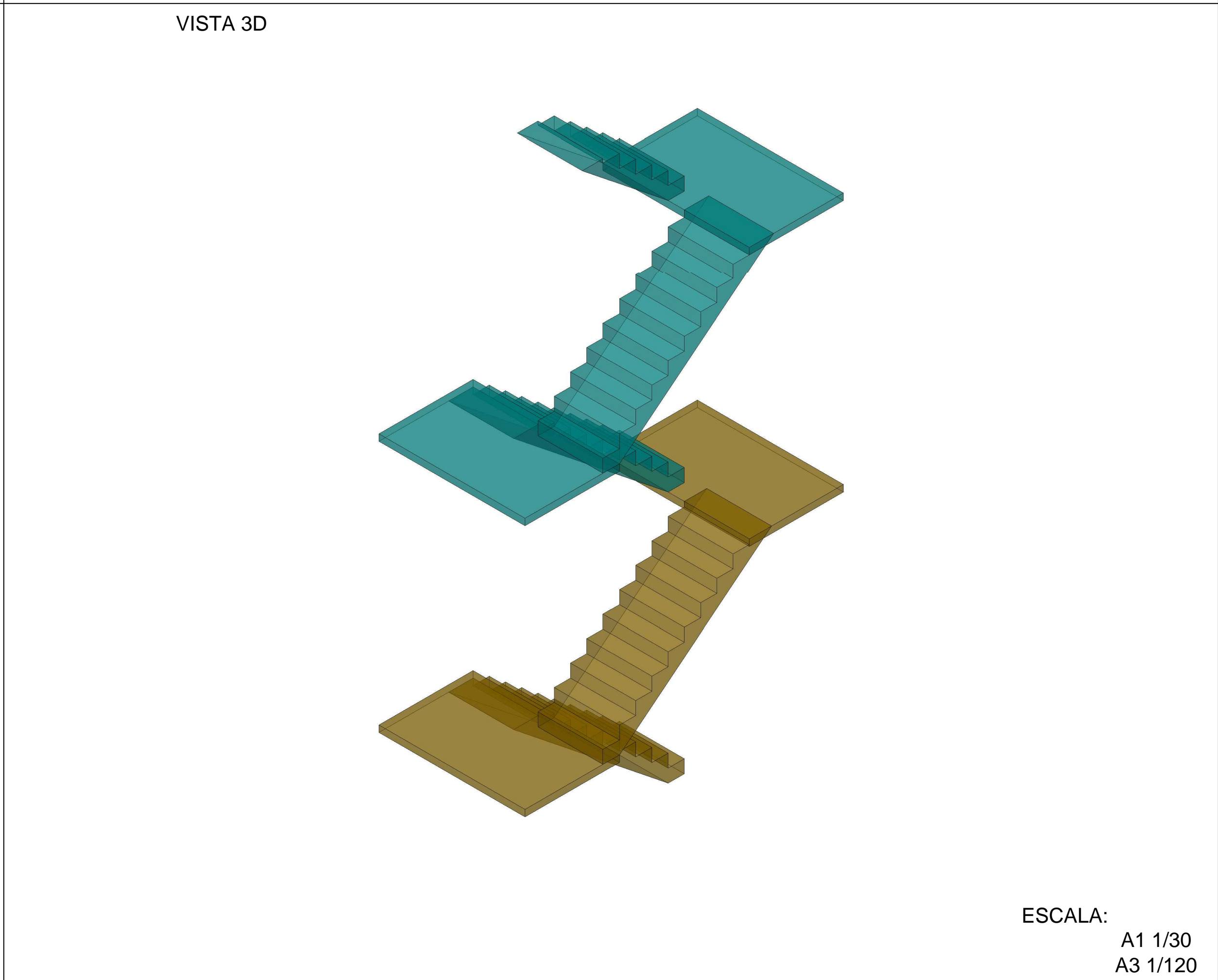
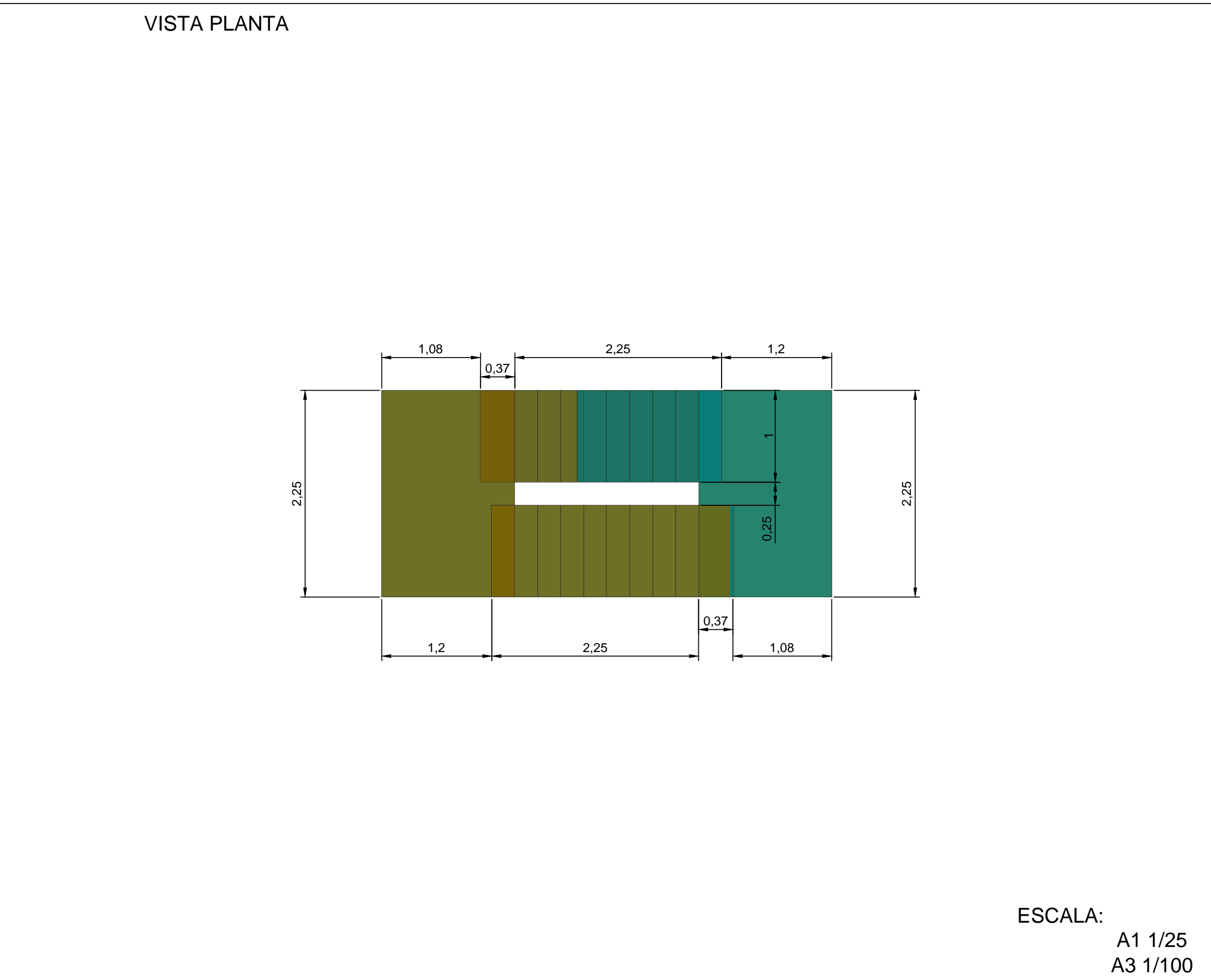


SECCIONES ESCALERAS ACCESO

Este plano define las secciones acotadas de planta, alzado y perfil, además de una vista en perspectiva, de las escaleras de acceso del aparcamiento subterráneo proyectado. Las dimensiones y características geométricas de las escaleras definidas en este plano son idénticas para todas las que conforman el aparcamiento subterráneo.

LEYENDA

- Acceso Planta Primera - Planta Segunda
- Acceso Superficie - Planta Primera

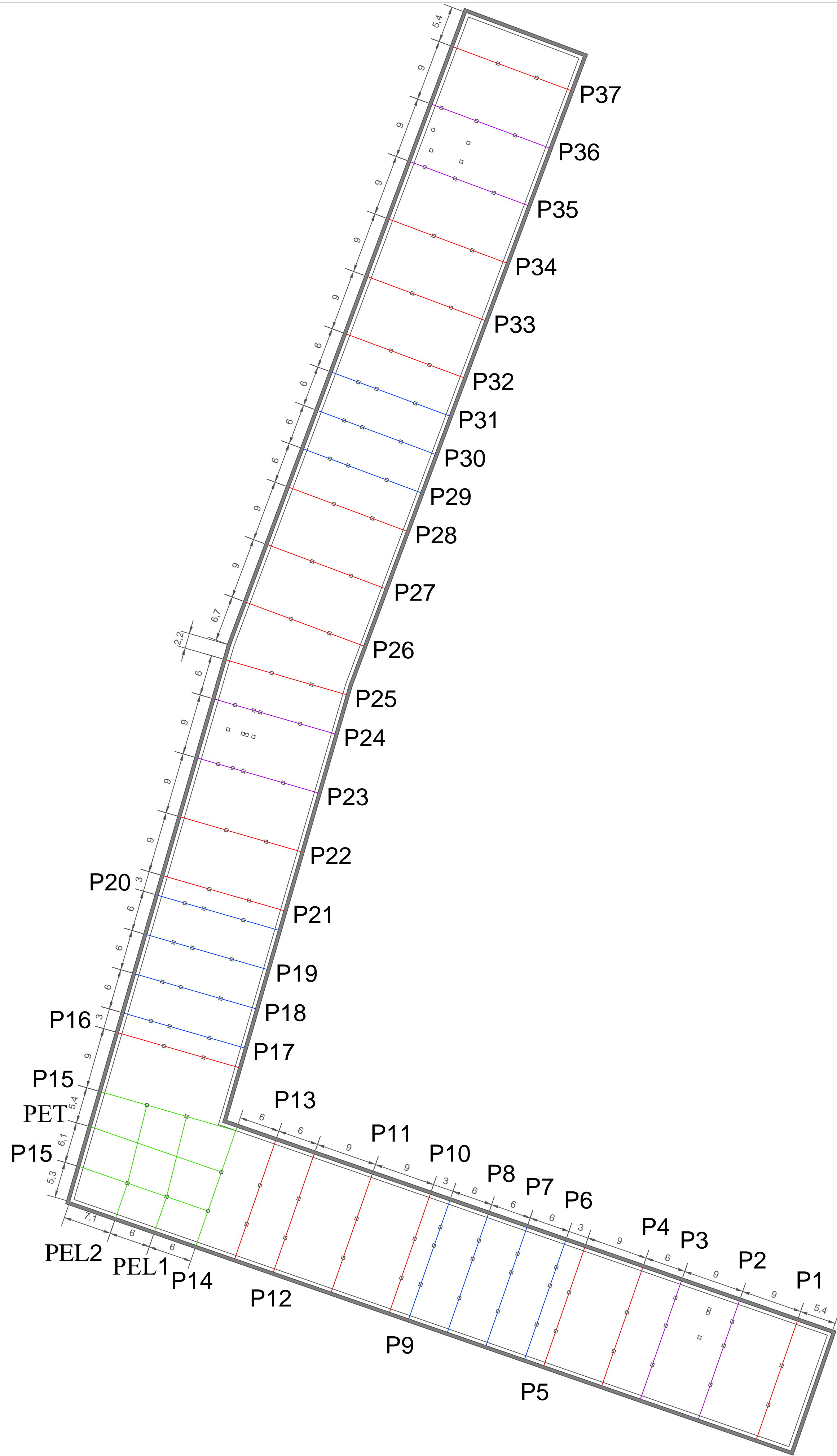
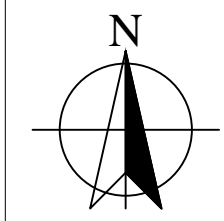


SECCIONES GENERALES

ESCALERAS DE ACCESO

PLANO Nº 6

HOJA: 16 DE: 20

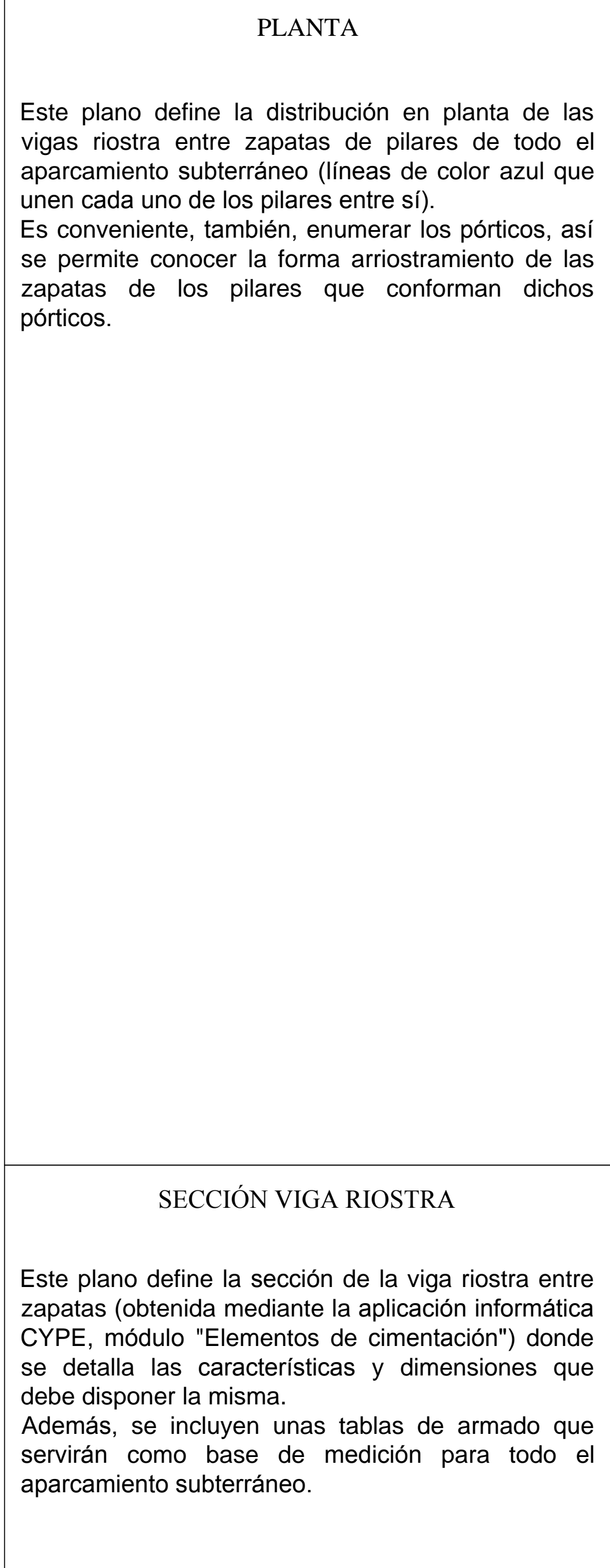
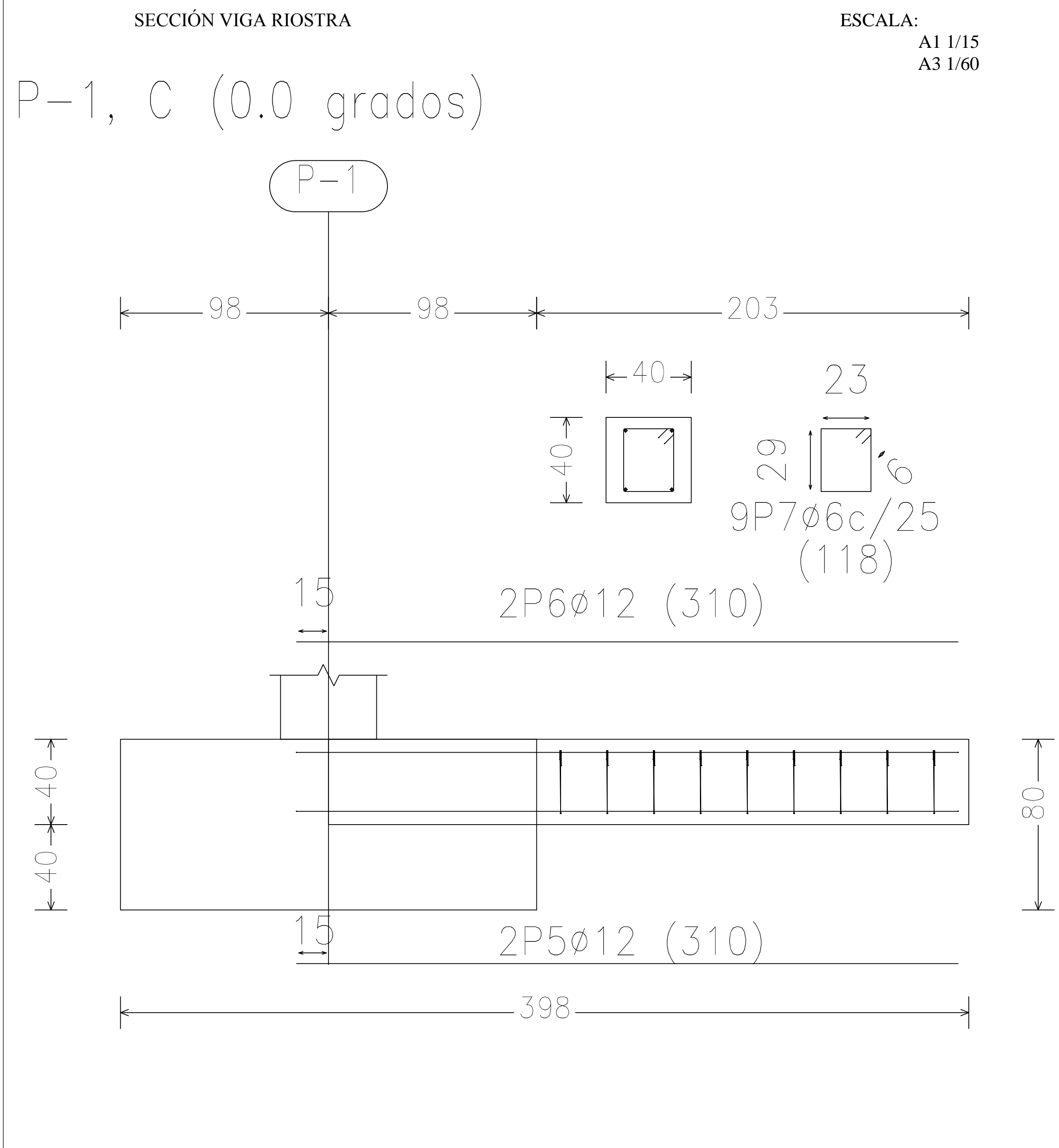
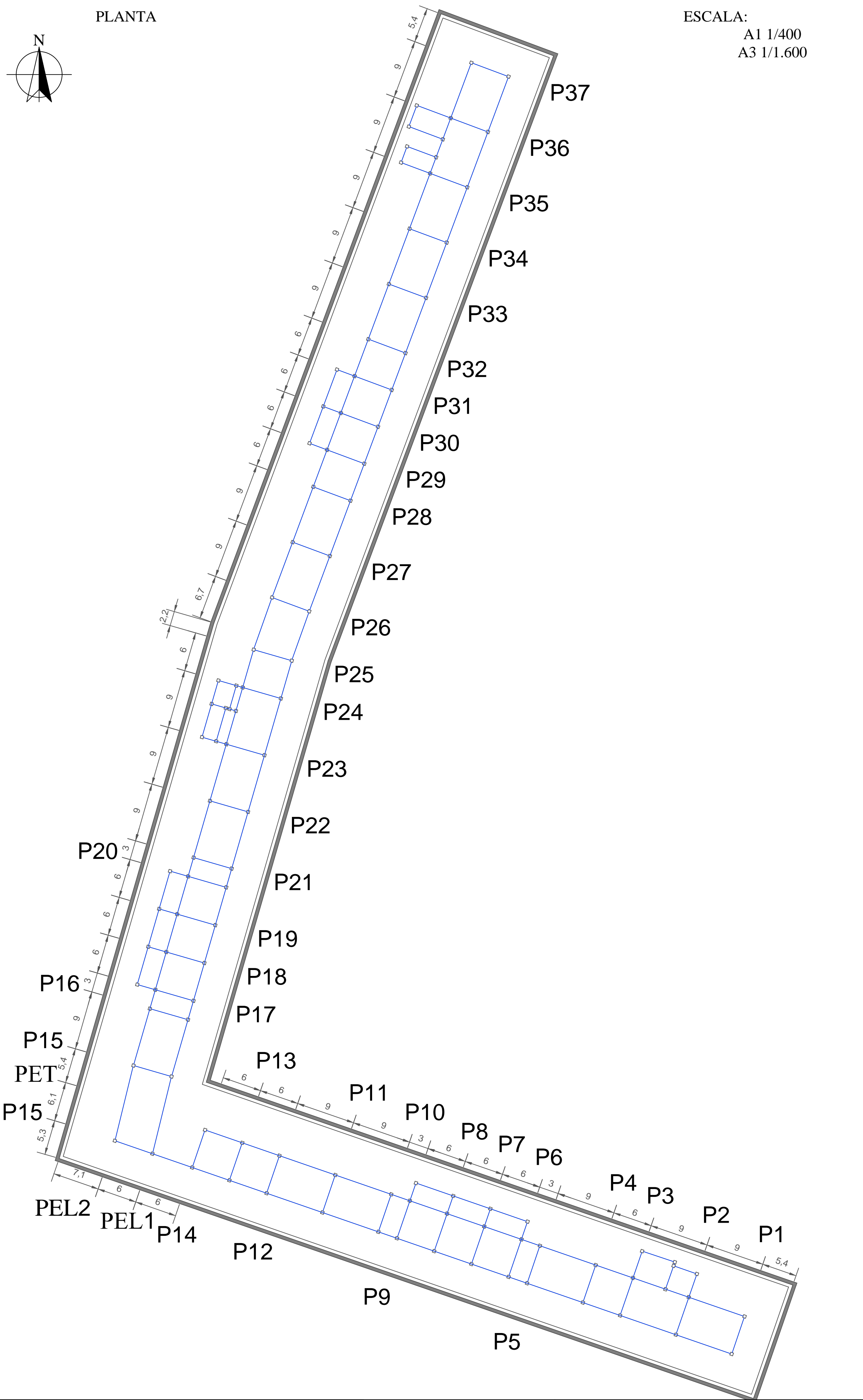


CLASIFICACIÓN DE PÓRTICOS.
PLANTA

Este plano define la clasificación de pórticos según el número de vanos de vigas prefabricadas y filas de pilares prefabricados; para ello se emplean distintos colores para realizar dicha clasificación. También se numerarán los pórticos empezando el primero de derecha a izquierda y de abajo a arriba del correspondiente plano.

LEYENDA

- Pórtico 3 vanos vigas 75x37,5 cm y dos filas de pilares 45x45 cm
Lo forman los siguientes pórticos: P1, P4, P5, P10, P11, P12, P13, P16, P21, P22, P25, P26, P27, P28, P32, P33, P34, P37
- Pórtico 4 vanos vigas 75x37,5 cm y tres filas de pilares 45x45 cm
Lo forman los siguientes pórticos: P6, P7, P8, P9, P17, P18, P19, P20, P29, P30, P31
- Pórtico 4 vanos vigas 75x37,5 cm y tres filas de pilares 45x45 cm (accesos peatonales)
Lo forman los siguientes pórticos: P2, P3, P23, P24, P35, P36
- Entramado vigas
Lo forman los siguientes pórticos: PET
Superior 120x50 cm
Inferior 100x50 cm
PEL1, PEL2
Superior 120x50 cm
Inferior 100x50 cm

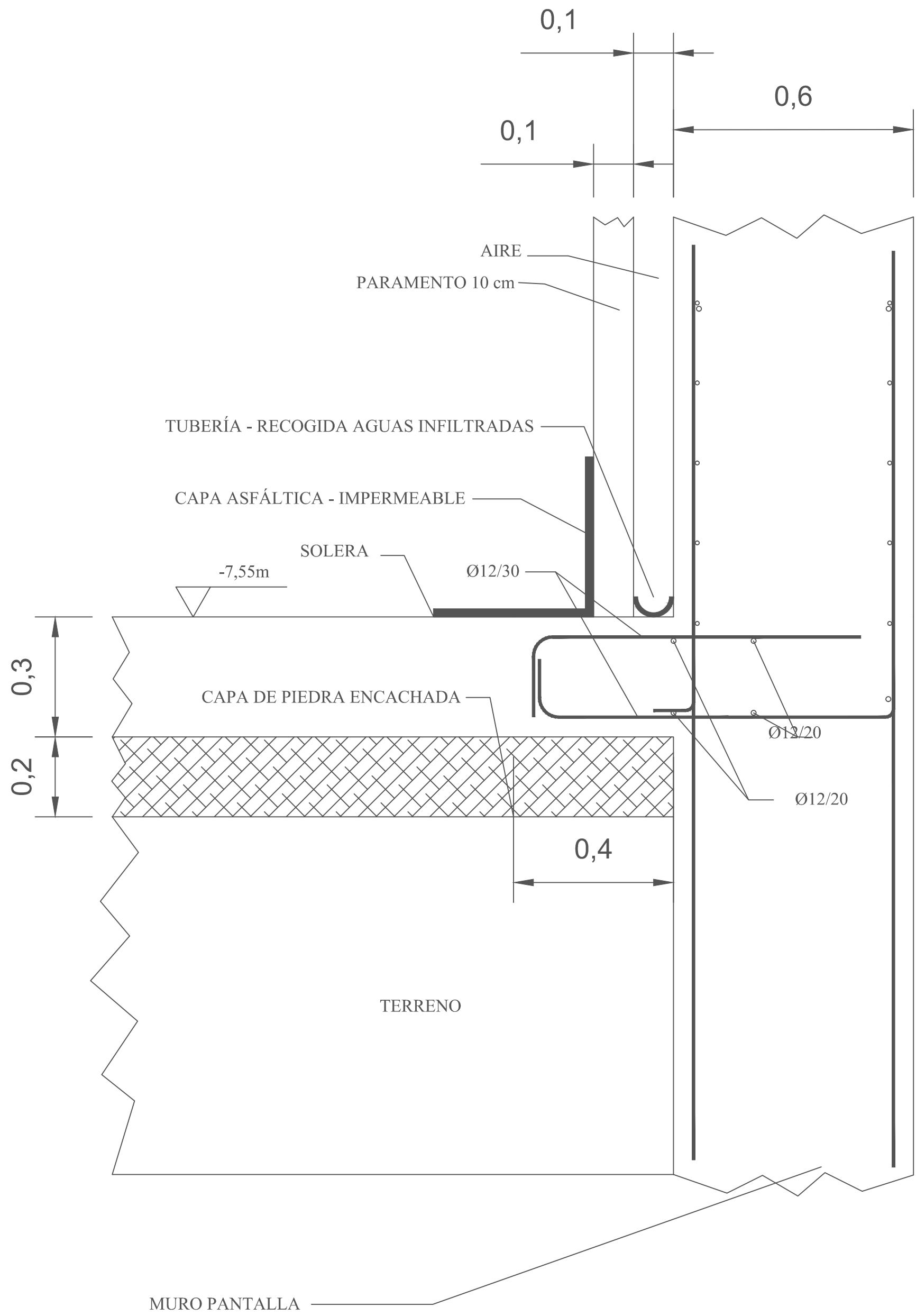


TABLAS ARMADO VIGA RIOSTRA

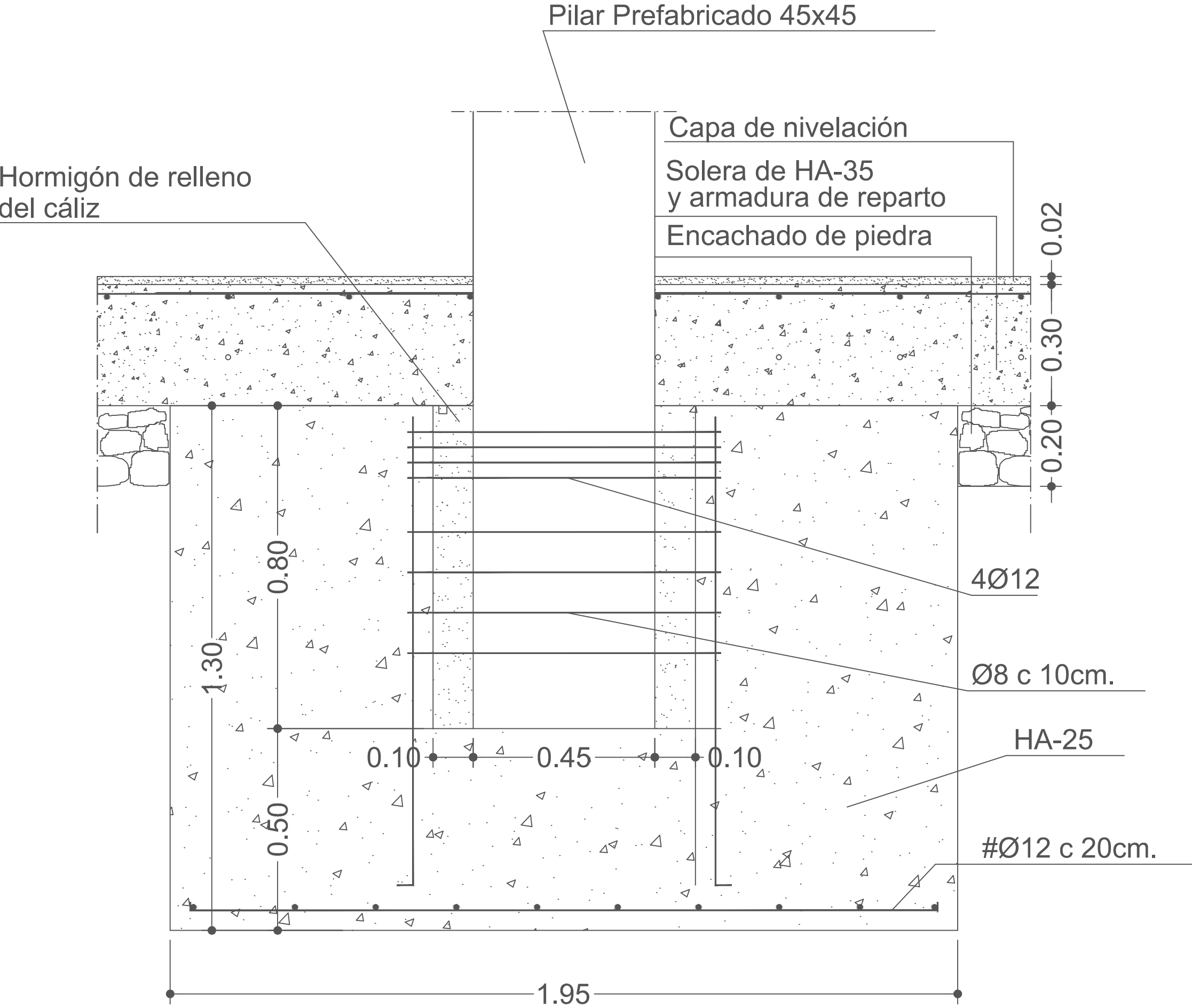
Elemento	Pos.	Diám.	No.	Pat. (cm)	Recta (cm)	Pat. (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
P-1, C (0.0 grados)	5	ø12	2		310		310	620	5.5
	6	ø12	2		310		310	620	5.5
	7	ø6	9		118		118	1062	2.4
	Total+10%:								14.7
								ø6:	2.64
								ø12:	12.1
								Total:	14.7

Cuadro de vigas centradoras			
Referencias	Armadura superior	Armadura inferior	Estribos
C	2ø12	2ø12	1xø6c/25

CONEXIÓN MURO PANTALLA - SOLERA



ZAPATA PILAR - ALZADO



CONEXIÓN MURO PANTALLA - SOLERA

Este plano define el armado de los elementos que conforman la conexión del muro pantalla - solera.

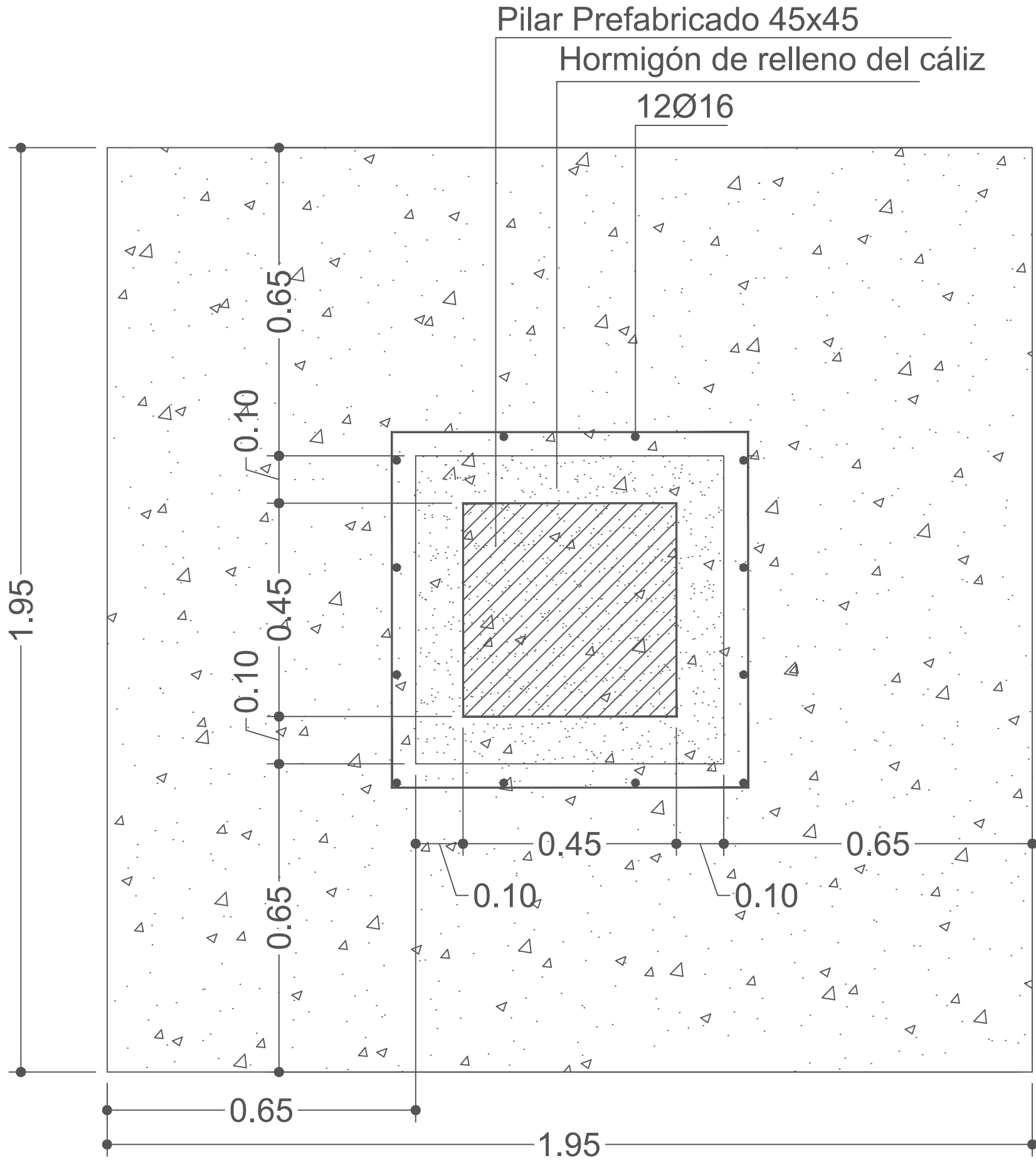
Define mediante dicha sección la conexión existente entre el muro pantalla y la solera o losa de cimentación. También se contempla el paramento prefabricado interior, de 10 cm, y otra de 10 cm hueco, en el que se instala una tubería con el objeto de recoger las posibles aguas infiltradas. Además, se prevé una capa impermeable, asfáltica, en la junta entre el muro pantalla y la losa de cimentación.

ZAPATA PARA PILAR PREFABRICADO

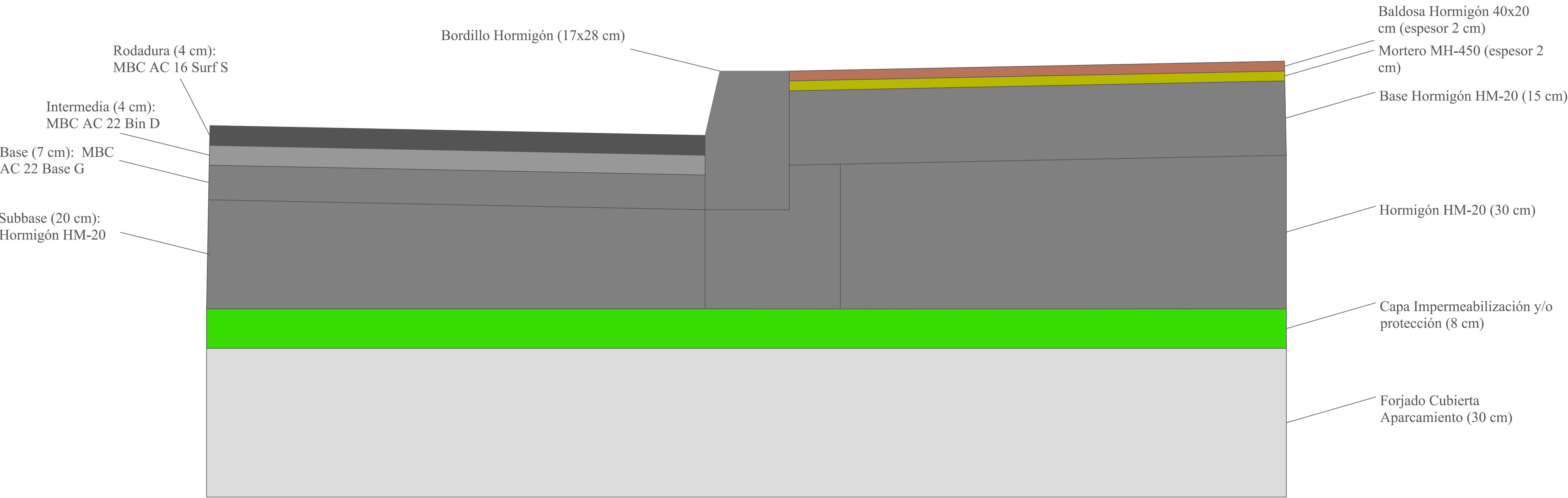
Este plano define el armado de los elementos que conforman la zapata para pilares prefabricados.

Define, mediante el alzado y planta de la misma, la zapata prefabricada 195x195x130 cm que conecta con el pilar prefabricado de 45x45 cm mediante el sistema de cáliz.

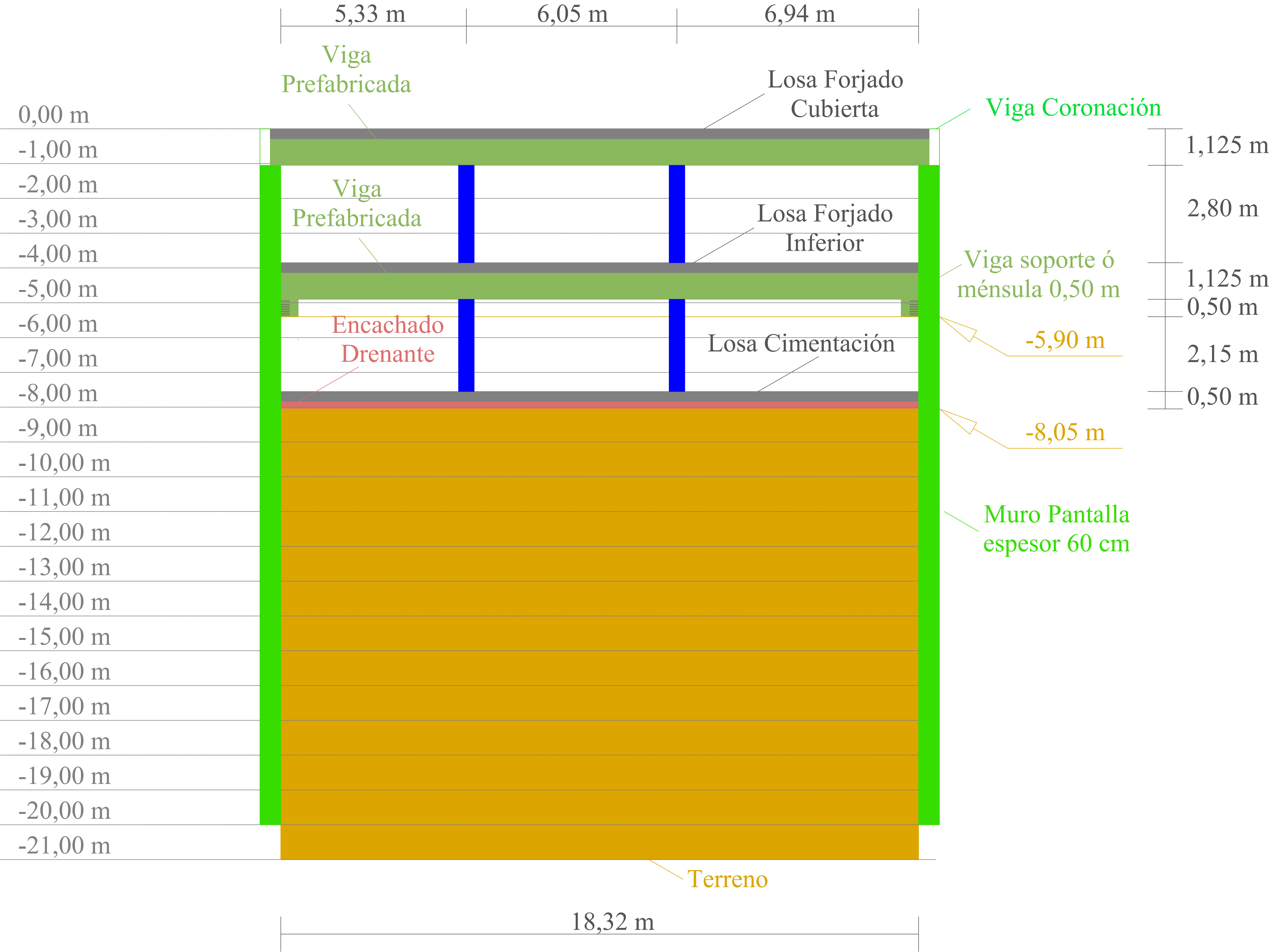
ZAPATA PILAR - PLANTA



Este plano define la sección transversal "media" correspondiente al detalle de pavimentación situado por encima del aparcamiento subterráneo. Este detalle servirá para obtener los espesores que comprenden cada una de las capas que conforman tanto el pavimento de acerado como de firme. Ello, además de obtener mediciones de cada unidad de obra, servirá para hallar las correspondientes cargas necesarias y proceder así al cálculo estructural de la estructura del aparcamiento subterráneo.



Viga Prefabricada (75x37,5 cm) con
Pilares (45x45 cm)



DETALLE ESTRUCTURA
APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO

Este plano define la sección transversal de la estructura que conforma el aparcamiento subterráneo. Dicha estructura estará formada por tres vanos de vigas prefabricadas de hormigón de dimensiones 75x37,5 cm con dos filas de columnas de 45x45 cm. En dicho plano se exponen todas las cotas referentes a las distancias entre pilares y a las alturas entre plantas, teniendo en cuenta el CTE en el que expone que:

Planta sótano -1: altura libre de 2,30 m
Planta sótano -2: altura libre de 2,15 m

Se observa que la planta sótano -1 posee una altura entre forjados de 2,80 m, que descontando 0,50 m debido a la altura de los conductos de ventilación, se obtiene 2,30 m de altura libre, cumpliendo así el CTE.

En la planta sótano -2, al ser la viga soporte o ménsula perimetral del muro pantalla del mismo canto que los conductos de ventilación, es decir 0,50 m, también cumple con 2,15 m de altura libre que pide el CTE.

LEYENDA

- Colocación Viga Prefabricada (75x37,5 cm)
- Losa Forjado Alveolar Cubierta espesor 0,20+0,10 m
- Losa Cimentación espesor 0,30 m
- Encachado Drenante espesor 0,20 m
- Pilares Hormigón Armado (45x45 cm)

ANEJO 2. MODELADO 3D EN REVIT

Desde un primer momento, uno de los objetivos principales de este trabajo era la investigación de la interoperabilidad entre el modelo realizado en AutoCAD y el programa de Planificación BIM4D. Tras varias pruebas realizadas, se llegó a la conclusión de que el modelo es perfectamente importable a modo de visor, pero carece de valor de planificación ya que se obtiene **un modelo 3D prácticamente indivisible y sin ninguna información relevante** en cuanto a sus propiedades.

Debido a este inconveniente, se ha decidido realizar un modelo BIM3D mediante Revit en el que se ha reproducido con la mayor precisión posible el modelo de partida realizado en AutoCAD. Esta situación se prevé que va a ser muy frecuente en la nueva etapa que se ha iniciado en España, ante la asunción de la metodología BIM en el sector AEC.

Llegados a este punto, se ha aprovechado para enfocar el modelado del aparcamiento subterráneo para que pueda ser realizado un modelo BIM 4D, para así sacarle el máximo partido al nuevo flujo de trabajo que se establecerá para elaborar la planificación de las obras en las ofertas técnicas de las empresas constructoras. El modelado de la infraestructura se inició mediante el software Revit 2018, y posteriormente se actualizó a la versión 2019.

A2.1 PROCESO DE MODELADO EN REVIT

Un modelo BIM 3D de Revit se inicia definiendo los niveles, las rejillas y la ubicación geográfica de la infraestructura.

En el caso de estudio el proceso de modelado con el software Revit se inició a través de la creación de niveles que sirven para la creación de las distintas plantas que componen la estructura o para resaltar algunas de las cotas más significativas para el modelado. Los elementos que se van incluyendo en el modelo de Revit deben estar asociados a algún nivel, por eso el concepto de “Nivel” es una de las claves para la realización de un modelo en Revit.

Los niveles que se han incluido son los siguientes:

- **Calzada (Cota +1,15):** corresponde al nivel de la superficie de la calzada de la urbanización.
- **N1_Cota 0.0_Estructura (Cota +0,00):** corresponde al inicio de la estructura del aparcamiento subterráneo, es decir, la cubierta del aparcamiento.
- **N2_Cara_Inf_For-1 (Cota -0,30):** correspondiente a la cara inferior de la placa alveolar del forjado de la Planta -1
- **N3_Cara_Inf_Viga_For-1 (Cota -1,05):** representa el nivel de la cara inferior de las vigas que componen los pórticos que sostienen a las placas alveolares de la planta -1.
- **N4_Excavación_Fase2 (Cota -1,90):** corresponde a la cota de máxima de excavación de la fase 2 de vaciado.
- **N5_Suelo_For-2 (Cota -3,85):** corresponde al suelo de la Planta -1 que se forma a partir del forjado de la Planta -2.
- **N6_Cara_Inf_For-2 (Cota -4,15):** corresponde a la cara inferior de la placa alveolar del forjado de la Planta -2.
- **N7_Cara_Inf_Viga_For-2 (Cota -4,90):** representa el nivel de la cara inferior de las vigas que componen los pórticos que sostienen a las placas alveolares de la planta -2.
- **N8_Excavación_Fase3 (Cota -6,60):** corresponde a la cota máxima de excavación de la fase 3 de vaciado.
- **N9_Suelo_Planta-2 (Cota -7,55):** corresponde a la cara superior de la losa de cimentación.

- **N10_Cara_Inf_Encachado (Cota -8,05):** corresponde a la cota de la cara inferior de la capa de encachado.
- **N11_Base_Pilares_Planta -2 (Cota -8,65):** representa al nivel donde se apoya la base de los pilares de la Planta -2.
- **N12_Base_Pantallas (Cota -20,00):** representa cota máxima de excavación y hormigonado de las pantallas.



Figura 141. Niveles del Proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez que se han colocado los niveles, se introdujeron las pantallas a través de la importación del archivo DWG, titulado “6_7y8Secciones_MuroPantalla”, en el que están dibujadas las pantallas. Con este archivo, que sirve de plantilla, el autor generó el Plano 6, hoja 7 “Secciones Generales. Muro Pantalla”. Este archivo que forma a este plano se ha usado como plantilla de colocación de las diferentes familias de módulos de pantallas que se han creado también a partir del Plano 6, Hoja 8 titulado “Secciones Generales. Módulos Bloque Muro Pantalla.”, véase **ANEJO 3**.

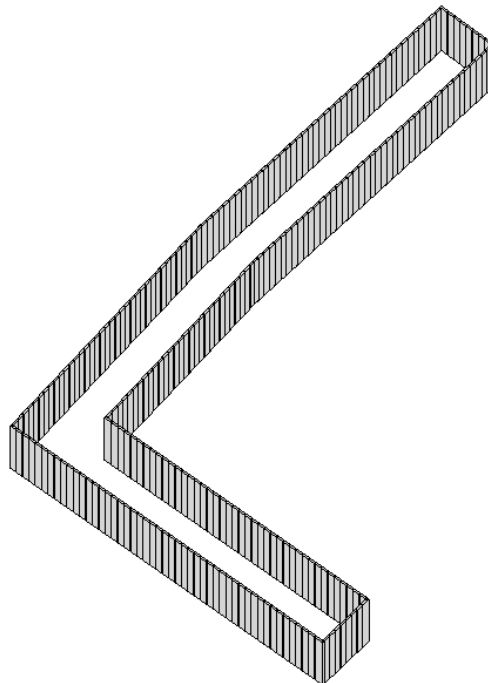


Figura 142. Resultado final de la colocación de los módulos de Pantalla. Fuente: Elaboración Propia.

Es importante comentar que se han introducido las pantallas desde importación en lugar de vinculación debido

a que la función del archivo importado es simplemente a modo de plantilla de modelado, reduciéndose así la carga de información del modelo y cumpliendo la misma función.

Dicha importación se ha realizado con la opción de importación de origen a origen, transfiriendo el origen de AutoCAD al origen de Revit, ya que previamente se ha trasladado al origen el punto 1 según el plano 2 Hoja 5 “Base Cartográfica. Replanteo Muro Pantalla” al origen de AutoCAD

A2.1.1 Emplazamiento del modelo BIM 3D

El origen de Revit es un punto interno del programa y no tiene coordenadas. Por tanto, el siguiente paso sería introducir las coordenadas reales de ese punto para georreferenciarlo, así como la ubicación del proyecto.

La ubicación del proyecto se introduce a través de **Gestionar > Ubicación de proyecto > Ubicación** y aparece un cuadro de diálogo como el de la **Figura 144** en el que se introduce de manera orientativa la ubicación del proyecto en la ciudad de Sevilla.

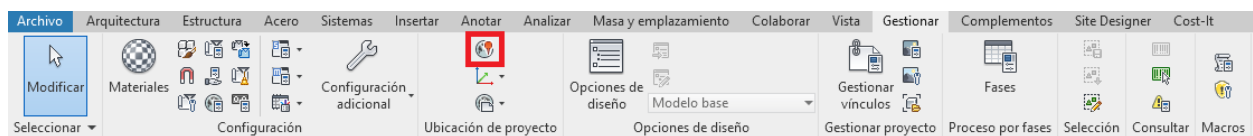


Figura 143. Pestaña Ubicación. Fuente: Elaboración Propia.

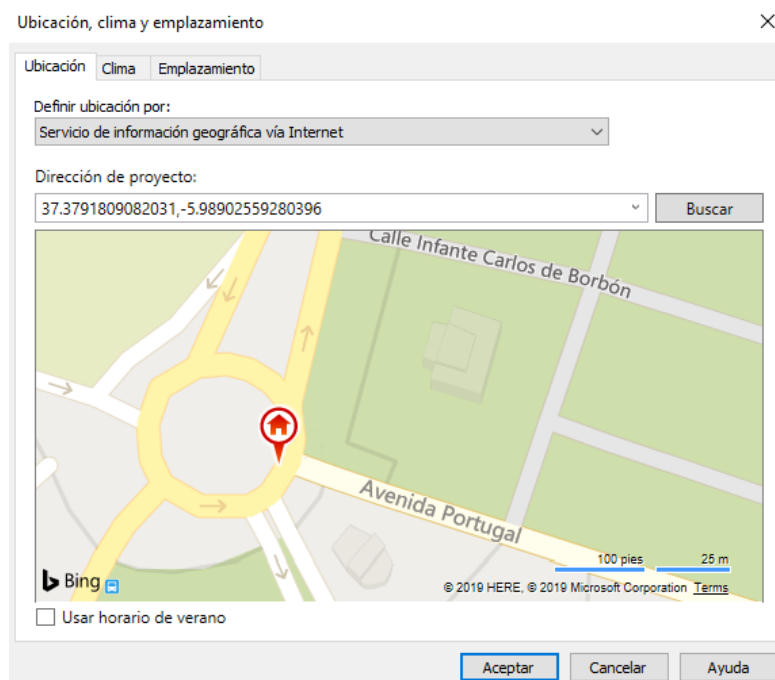


Figura 144. Ubicación del proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

Las coordenadas del emplazamiento se definen en el **Punto base del proyecto** de Revit, ya que supone el centro de las coordenadas locales del proyecto. Estas coordenadas se introducen a través de **Gestionar > Ubicación de proyecto > Especificar coordenadas en un punto** y posteriormente dentro de la pantalla emergente se introducen el valor de dichas coordenadas como se puede observar en la **Figura 146**.

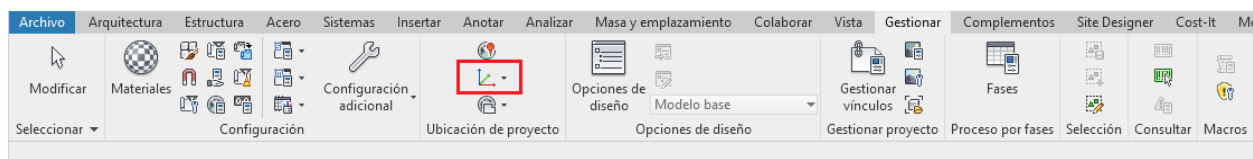


Figura 145. Pestaña Especificar coordenadas en un punto. Fuente: Elaboración Propia.

Especificar coordenadas compartidas

Vuelva a ubicar este proyecto en coordenadas compartidas, especificando valores conocidos en el punto que haya seleccionado. El proyecto actual se moverá con relación a vínculos colocados globalmente.

Coordenadas nuevas

Norte/Sur: 4141125.4078

Este/Oeste: 235343.2479

Alzado: 6.7500

Ángulo desde el norte del proyecto al norte real

0° 00' 00" Este

Aceptar Cancelar

Figura 146. Introducción de las coordenadas del punto de referencia. Fuente: Elaboración Propia.

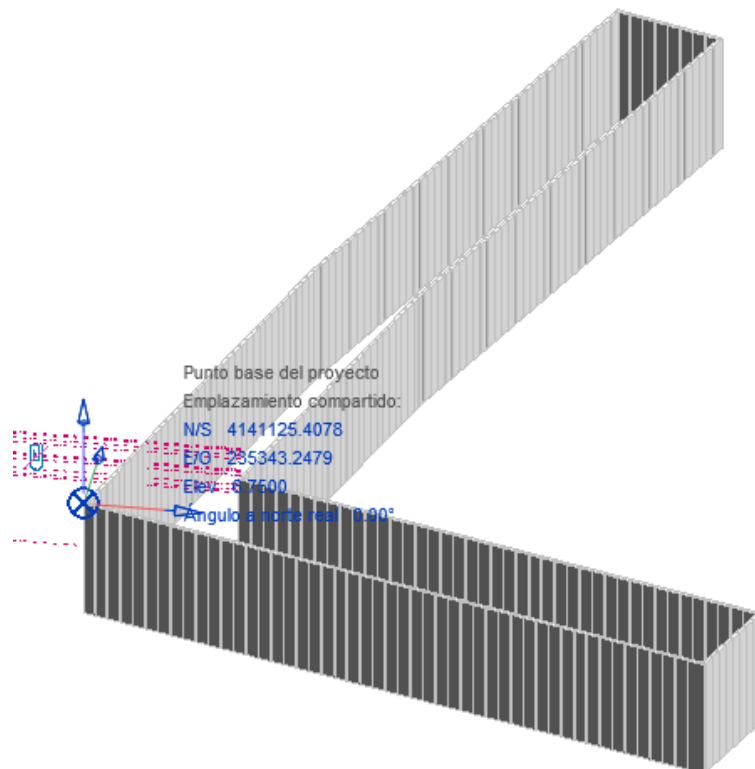


Figura 147. Punto Base con las coordenadas de referencia. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez realizado el “contorno”, es decir, los muros pantallas que permiten construir la estructura de la infraestructural nodal, el siguiente paso es la colocación de pilares para la realización de los pórticos. Para conseguir la posición de los pilares se recurrió a la importación de un archivo perteneciente a la planta de los pórticos, titulado “7_3Estructura ClasificaciónPórticos”, que corresponden al plano 7, hoja 3 cuyo nombre es “Clasificación de pórticos. Planta”. Este archivo se ha utilizado como plantilla para introducir las rejillas del proyecto de Revit.

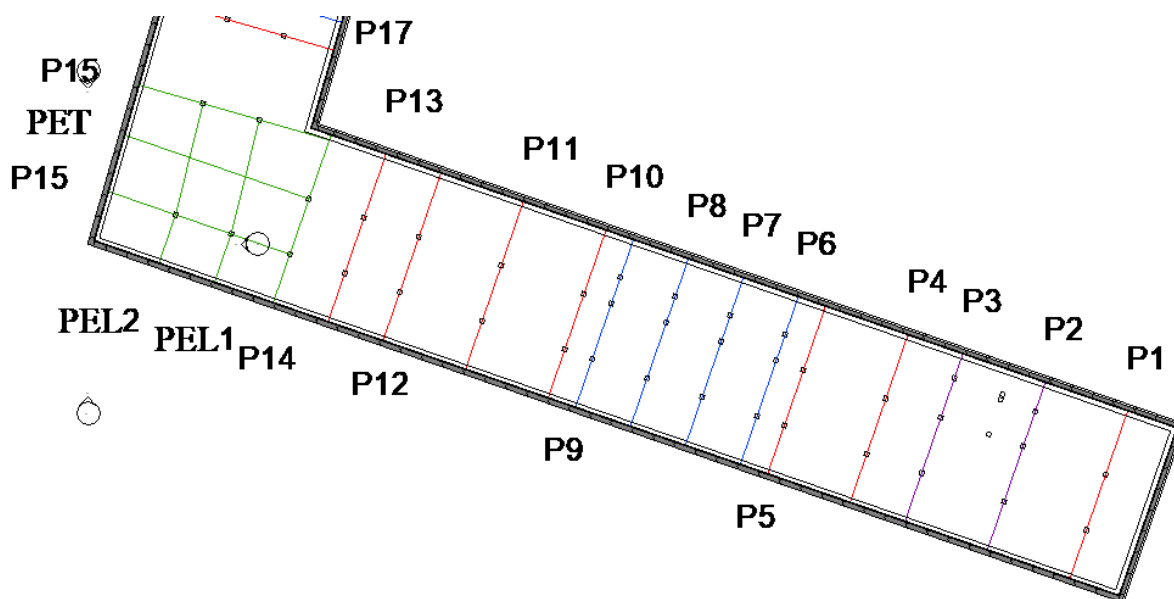


Figura 148. Fragmento del plano “Clasificación de Pórticos. Planta”. Fuente: Elaboración Propia

Las rejillas de Revit son planos finitos representados por líneas rectas, arcos o multisegmentos que se colocan en el modelo con el fin de utilizarlas para crear restricciones en el proyecto, tales como alineaciones u otras limitaciones geométricas, así como para base colocación de pilares o pórticos. Cada segmento de la rejilla se enumera consecutivamente, pudiendo posteriormente ocultar dicha numeración o cambiar su nomenclatura.

En un principio la idea era colocar todos los pilares del aparcamiento mediante la función propia de Revit que permite colocar los pilares en las intersecciones de las rejillas, pero esta función es útil para proyectos que tienen una distribución en planta muy regular y con pilares del mismo tipo. En el caso de estudio, existe una gran cantidad de pilares y se colocan dependiendo de la función que realicen en cada zona de la estructura, véase ANEJO 3. Por tanto, se tomó la decisión de colocarlos de forma manual, sirviendo la intersección de rejillas como punto de colocación del centro del pilar.

El resultado final de las rejillas que componen el caso de estudio se muestra en la **Figura 149**, en la cual se puede observar que las rejillas verticales están nombradas con números y las horizontales con letras. Esta es la nomenclatura estándar de las rejillas, pero como se ha mencionado anteriormente, pueden ser cambiadas.

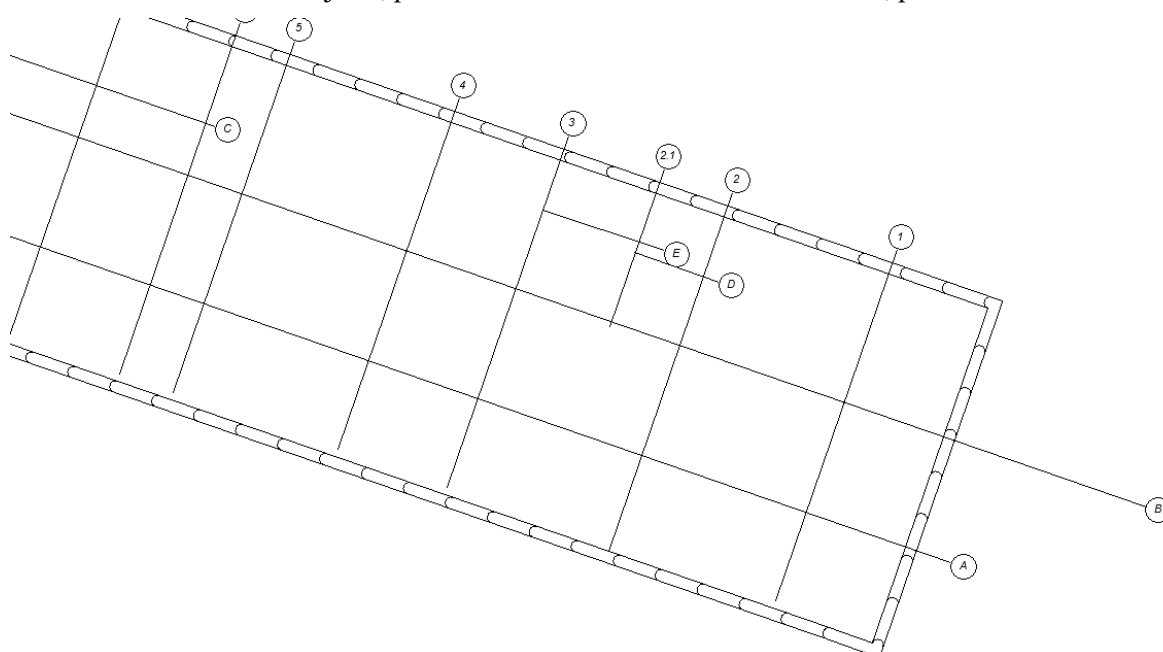


Figura 149. Resultado de introducción de Rejillas. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez definido los elementos principales del proyecto de Revit, como son los niveles, las rejillas y el emplazamiento, ya se puede seguir modelando el resto de los elementos gracias a la base que proporcionan estos.

Como ya se ha comentado anteriormente, los pilares se han colocado en las intersecciones de las rejillas teniendo en cuenta la distribución que se ha tenido en cuenta en el diseño debido a que los pilares son diferentes dependiendo del número de vigas que tienen que apoyarse en cada uno de ellos.

El siguiente paso es el diseño de la cimentación. Para ello, se han definido zapatas prefabricadas de 195x195x1300 cm, según el Plano 7 Hoja 23 “Secciones Generales. Conexión Muro-Solera. Zapata-Pilar”. El punto central de dichas zapatas se ha colocado en el punto central de cada uno de los pilares que se han introducido y en el nivel N10_Cara_Inf_Encachado con un desfase de 20 cm.

En la cimentación también se han incluido las vigas riostras entre zapatas de 40x40 cm según se recoge en el plano 7 Hoja 4 “Vigas riostras entre zapatas. Sección de viga riostras”. Dichas vigas se han colocado conectando las zapatas en el nivel N10_Cara_Inf_Encachado con un desfase de 20 cm.

El modelado de la cimentación termina con la creación de la capa de encachado drenante de 30 cm espesor y la losa de cimentación de 20 cm de espesor según se recoge también en el Plano 7 Hoja 23 “Secciones Generales. Conexión Muro-Solera. Zapata-Pilar”. Teniendo en cuenta la planificación, se han dividido en dos partes correspondientes a la zona de la Avenida de Portugal y a la zona de la Avenida el Cid. El nivel en el que se han colocado han sido el N10_Cara_Inf_Encachado con un desfase de 20 y 50 cm respectivamente.

Los pasos que se han seguido para la creación de las zapatas, las vigas riostras entre zapatas, la capa de encachado y la losa de cimentación se recogen en el **ANEJO 3**.

Una vez acabada la cimentación, se ha modelado la viga perimetral que sirve de apoyo de las vigas en los laterales de los pórticos. En un principio, en el Plano 8 Hoja 2 “Detalles Constructivos. Detalle Estructura Aparcamiento Subterráneo”, se recoge que la viga tiene que ser de 50 x 50 cm. Sin embargo, en las zonas extremas, en lugar de apoyar las vigas tienen que apoyar las placas alveolares, que llevan una altura de base mayor que las vigas. Por tanto, se ha tenido que modelar otro tipo de viga perimetral de 50x120 cm para esas zonas. Estas vigas se han colocado en el nivel N7_Cara_Inf_Viga_For-2 con un desfase de 0 cm y 75cm, respectivamente. El proceso de modelado de estas vigas se recoge en el **ANEJO 3**.

Al igual que existe una viga perimetral para el apoyo de las vigas que forman los pórticos de la planta P-2, se ha diseñado una viga de coronación para el arriostramiento de las pantallas en su cabecera y para el apoyo de las vigas que forman los pórticos de la planta P-1 y para las placas alveolares de la planta P-1. Se ha descartado la viga de coronación que está definida en el plano 8 Hoja 2 “Detalles Constructivos. Detalle Estructura Aparcamiento Subterráneo” y se ha diseñado una viga con sección en L en el nivel N1_Cota 0.0 Estructura sin desfase. El procedimiento detallado de modelado detallado se encuentra recogido en el **ANEJO 3**.

El siguiente paso, es la creación de las vigas prefabricadas que componen cada uno de los pórticos que forman la estructura del aparcamiento subterráneo. En un principio, se iban a tomar las medidas definidas en el Plano 6 Hojas 12 y 13 “Secciones Generales. Pórticos tipo 1 y 2. Pórtico tipo 3”. Sin embargo, las medidas normalizadas que se presentaban eran medidas desde la cara de los pilares, es decir, sin ningún espacio libre para la colocación de estas mediante una grúa y, además, el apoyo de las vigas en la viga de coronación no estaba bien diseñado por lo que las longitudes de viga de los pórticos de la planta P-1 se asemejaban a la realidad tampoco. Por tanto, para resolver esta situación se han creado vigas de sección rectangular de 37,5x75 cm con longitudes que se han adaptado a la realidad del modelo y, se han colocado en el nivel N3_Cara_Inf_Viga_For-1 con un desfase de 37,5cm para las vigas que forman los pórticos de la planta -1 y en el nivel N7_Cara_Inf_Viga_For-2 con un desfase de 37,5cm para las vigas que componen a los pórticos de la planta -2. El proceso de modelado de las vigas se encuentra detallado en el **ANEJO 3**.

El forjado de la estructura está compuesto por placas alveolares de 25 cm de espesor y una capa de compresión de 5 cm de espesor, según está definido en la memoria del proyecto de referencia y en el Plano 8 Hoja 2 “Secciones Generales. Detalle Estructura Aparcamiento Subterráneo”, a excepción de algunas zonas en las que se van a realizar forjados in situ de 30 cm. Las placas alveolares se colocan en el nivel N2_Cara_Inf_For-1 con un desfase de nivel de 25 cm para el forjado superior y en el nivel N5_Suelo_For-2 con un desfase de nivel de -5 cm para el forjado inferior. El proceso de modelado de los componentes que forman el forjado se encuentra detallado en el **ANEJO 3**.

El acceso peatonal se ha realizado mediante de escaleras creadas por una serie de tramos colocados según la localización recogida en el Plano 4 “Planta Sótano -1” y el Plano 5 “Planta Sótano -2” y las dimensiones recogidas en el Plano 6 Hoja 16 “Secciones Generales. Escaleras de Acceso”, tomando como nivel de base el N9_Suelo_Planta-2 sin desfase y como nivel superior el de la Calzada sin ningún desfase. El proceso de creación de las escaleras se muestran detalladamente en el **ANEJO 3**.

El acceso de vehículos está compuesto por una losa para rampa de 30 cm de espesor que está sustentada mediante vigas de 15x30x100 cm de tipo voladizo saliente del muro pantalla, según las dimensiones que se recogen en el Plano 6 Hoja 15 “Secciones Generales. Rampas de Acceso”. La ubicación de cada una de las rampas está recogida en los planos de planta de los sótanos que se han nombrado en el párrafo anterior y los niveles a los que están asociadas son el N9_Suelo_Planta-2 sin ningún desfase para las de la planta P-2 y el N5_Suelo_For-2 con un desfase de 30 cm para las de la planta P-1.

Llegados a este punto es importante resaltar que todos los elementos que se han incluido hasta el momento se les ha asociado automáticamente la fase **Nueva Construcción** como fase de creación y ninguna fase para la fase de derribo, es decir, tal y como se comentó en el apartado anterior, representan todos los ejemplares que se han construido y no se van a demoler.

Los elementos que se van a construir y que luego se va a eliminar tienen definidos la fase **Nueva Construcción** como fase de creación y la fase **Rehabilitación Urbanización** como fase de derribo. Los elementos que se han incluido en estas fases se han modelado pensando en la posterior simulación de la ejecución, ya que en un modelo terminado no tienen importancia.

Uno de los elementos que se han modelado con esta fase son los muretes guía, que se han representado con un simple muro de hormigón de 30 cm de espesor y 100 cm de altura a través de una modificación de tipo de la familia de sistema de **Muro básico**, recibiendo el tipo el nombre de **Hormigón – 30 cm – Murete Guía**. Dichos muros se han colocado en el nivel N4_Excavación_Fase2.

Otro de los elementos que se han incluido en esta fase son las vigas puntales entre pantallas que se colocan como medida de contención mientras se está excavando el sótano y construyendo la cimentación. Las dimensiones de estas vigas no están recogidas en el proyecto por lo que se ha optado por cargar una viga celosía tipo de la biblioteca de Revit, como es la **Barra de serie K Vigueta- Perfil angular**, cuyo tipo variará en función de la luz que tenga que salvar cada una.

Por último, las vallas de cerramiento de la obra se han incluido también en este grupo. Sin embargo, se han instalado una vez que se ha creado la urbanización existente debido a que es más fácil su replanteo. En total se han colocado 220 unidades de una familia de vallas llamadas **cisabac_cmb_220_cloture_bardee_mobile**, las cuales se han encontrado en la biblioteca de BIMObject.

A continuación, se modelan los elementos que se encuentran en la fase **Existente**, es decir, los que estaban presentes antes de realizar la construcción. Dentro de estos elementos, algunos van a tener la fase **Nueva Construcción** como fase de derribo, que representa lo que se va a demoler de lo que estaba anteriormente y, en cambio, otros no van a tener fase de derribo, los cuales representan los elementos existentes que no van a ser afectados por la obra.

En el primer grupo se encuentra a la parte de la urbanización que está dentro del cajón de obra y el volumen de tierras que van a ser excavadas para la realización del vaciado, zanjas, muro pantalla, etc. El segundo grupo representa a la parte de la urbanización que no está dentro del cajón de obra y el volumen de tierras que existe bajo y junto al aparcamiento subterráneo. En el **ANEJO 3**, se puede encontrar el proceso detallado de creación de cada una de estas familias

Por último, se modelan los elementos que se encuentran en la fase de creación **Rehabilitación Urbanización**, es decir, los elementos de la superficie que se han creado nuevos y van a permanecer ahí. En este grupo se encuentran todos los elementos acerado, firmes, bordillos, edificaciones, iluminación, etc.

A2.1.2 Modelo original 3D CAD

El modelo original del Proyecto de Fin de Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos fue realizado en AutoCAD 2015 por D. Juan Peña Sancho. La información ha sido proporcionada por el mismo en formato DWG y PDF en lo que se refiere a los planos.

A continuación, se muestra el **control documental** del proyecto en donde se recoge toda la información que me ha sido proporcionada para la realización de mi proyecto BIM. Esta tabla sirve para crear un **plan de trabajo a la hora de realizar el modelo** y de esta forma no perder ningún tipo de información. Con esta tabla se está definiendo la trazabilidad y la transferencia de la documentación.

ID	TITULO	FORMATO	FECHA	VERSION	ARCHIVO DOCUMENTO					BIM
					CARPETA	SUBCARPETA PRINCIPAL	SUBCARPETA SECUNDARIO	SUBCARPETA TERCIARIA	SUBCARPETA CUATERNARIA	
1	TFM_ICCP_Proyecto Aparcamiento Subterráneo Sevilla_Juan Peña Sancho	PDF	22/11/2017	-	PDF	TFM Completo				
2	1TFM 1Memoria_Portada	PDF	22/11/2017	-	PDF	TFM Desglosado	01_Memoria y Anejos	01A_Memoria		
3	1TFM 2Memoria	PDF	22/11/2017	-	PDF	TFM Desglosado	01_Memoria y Anejos	01A_Memoria		
4	1TFM Anejo1_Antecedentes	PDF	22/11/2017	-	PDF	TFM Desglosado	01_Memoria y Anejos	01B_Anejos		
5	1TFM Anejo2_InformaciónPrevia	PDF	22/11/2017	-	PDF	TFM Desglosado	01_Memoria y Anejos	01B_Anejos		
6	1TFM Anejo3_CondicionantesExternos	PDF	22/11/2017	-	PDF	TFM Desglosado	01_Memoria y Anejos	01B_Anejos		
7	1TFM Anejo4_NormativayBibliografía	PDF	22/11/2017	-	PDF	TFM Desglosado	01_Memoria y Anejos	01B_Anejos		
8	1TFM Anejo5_CriteriosDiseño	PDF	22/11/2017	-	PDF	TFM Desglosado	01_Memoria y Anejos	01B_Anejos		
9	1TFM Anejo6_AnálisisDemanda	PDF	22/11/2017	-	PDF	TFM Desglosado	01_Memoria y Anejos	01B_Anejos		
10	1TFM Anejo7_EstudioAlternativasDiseño	PDF	22/11/2017	-	PDF	TFM Desglosado	01_Memoria y Anejos	01B_Anejos		
11	1TFM Anejo8_ViabilidadAlternativaPropuesta	PDF	22/11/2017	-	PDF	TFM Desglosado	01_Memoria y Anejos	01B_Anejos		

Figura 150. Información de la documentación entregada. Fuente: Autor del proyecto de referencia.

Este trabajo está basado en todo momento en la metodología BIM, sobre todo en lo más significativo, el trabajo colaborativo. Por eso se ha creado un sistema de codificación de ficheros para que en cada momento se controle qué documento se está trabajando y quién lo ha creado. Un ejemplo de fichero sería la propia tabla anteriormente comentada: TFG_JPS_MIDP_1

El primer grupo de letras indica que el archivo pertenece al presente Trabajo de Fin de Grado, el segundo grupo de letras son las iniciales de la persona que lo ha realizado, en este caso, sería D. Juan Peña Sancho y el tercer grupo de letras se refiere a la descripción o nombre del propio archivo, en este caso, Master Information Delivery Plan. En lo que se refiere a la enumeración el número indica el orden en el tiempo de trabajo. En el caso que se realice un cambio importante en cuanto al enfoque o la estructuración del archivo se pasa al siguiente número. Por último, si el número está acompañado de una letra minúscula se refiere al cambio de sesión de trabajo.

A2.1.3 Adquisición de la información digital

Un principio básico de la metodología BIM es compartir la información y se basa en una premisa, la cual se enuncia como que la relación entre softwares permite el intercambio de información de una manera relativamente sencilla y eficaz, sin embargo, esto aún no se produce, porque dependiendo de la herramienta BIM que se utilice será más exacta en algunos casos que en otros.

Para adquirir la información digital del modelo 3D CAD con Revit, se tienen las siguientes posibilidades:

Importar

Este comando permite insertar un archivo como una imagen fija no referenciada externamente, es decir, como si fuera una plantilla de dibujo en la que vamos a ir dándole un volumen o una consistencia y sobre todo una información, que es el cambio realmente importante en el proceso de actualización del modelo.

La ventaja de esta forma de inserción es que se tiene mayor libertad de cambio en el modelo, ya que simplemente se está tomando el modelo realizado en CAD de una forma orientativa en la vista activa y se incluyen en el modelo en forma de anotaciones. Si se realiza un cambio en el modelo BIM no afecta en ningún momento al modelo anteriormente realizado.

Este procedimiento exige menos capacidad de procesamiento al software BIM y es muy útil en proyectos que están “muertos” a nivel constructivo y simplemente se va a realizar una adaptación menos completa.

Sin embargo, con esta metodología se pierde una gran parte de la potencia de esta tecnología BIM, ya que se construye en nuevo modelo prácticamente desde cero.

Vincular

Este comando permite crear una conexión en tiempo real con el archivo de CAD que se tiene con anterioridad. De esta forma, el proyecto en el software BIM, en Revit 2019, tendrá siempre la última versión del CAD que se haya modificado o que se está trabajando de una forma paralela.

Normalmente, este proceso es utilizado en proyectos que están activos a nivel constructivo, para así hacer correcciones de una manera igualitaria y automática.

Para hacer el intercambio de información entre proyectos hay que hacer una preparación del proyecto BIM para que lea de una forma correcta el archivo CAD. Por tanto, hay que establecer unas rejillas y niveles en Revit en el que va a estar basado nuestro modelo.

A través de la pestaña **Insertar** se pueden introducir datos en Revit mediante diferentes técnicas. En dicha pestaña se encuentra la opción **Vincular** que puede ser mediante un archivo CAD, IFC u otro archivo de Revit, así como **Importar** CAD o un XML

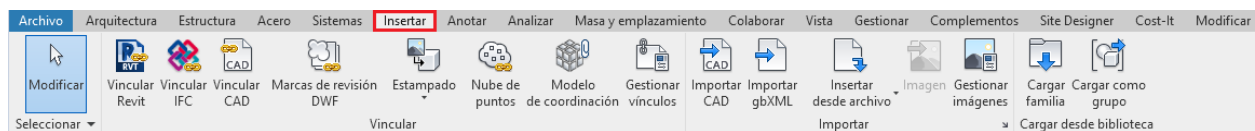


Figura 151. Formas de introducir datos en Revit. Fuente: Elaboración Propia.

Esta pestaña también recoge las opciones de vincular nube de puntos, cargar familias, insertar imágenes, etc.

A2.2 TRABAJO CON FASES DE REVIT

Se considera una **fase** a un conjunto de actividades que pueden ser en sí mismas una obra, aunque forme parte de una obra más grande. Por ejemplo, una de las fases puede ser la demolición. Por tanto, se trata de dividir el proyecto en las diferentes etapas, o fases, que componen a la obra normal con el objetivo de clasificarlas y poder modelar de una forma más ordenada.

Las **fases de proyecto** es la herramienta por la que Revit es capaz de controlar el tiempo. Tiene la opción de la creación de diferentes fases con el objetivo de mostrar elementos en sus diferentes etapas y que no haya que ir eliminando y creando los elementos constantemente. Por tanto, a cada elemento se le asocia una fase y se muestra u oculta en función de la fase en la que se encuentre la vista y los filtros de fase que tenga activados esta [54].

Las fases son muy útiles para mostrar como los elementos van a ser introducidos en el diseño, como por ejemplo una demolición o una nueva construcción en un edificio existente. Sin embargo, el uso de las fases no es muy recomendable a nivel detallado para mostrar la simulación de la secuencia de construcción, pero sí son útiles para tener una primera idea de la planificación.

Todos los elementos que se introducen en un modelo de Revit tienen dos parámetros que están asociados a las fases: Fase de Creación y Fase de Derribo.

La fase de un elemento cuando inicialmente es introducido es a menudo confusa para el usuario, pero es simple: la **fase de la vista** en la que se está introduciendo el elemento determina la fase del elemento, aunque la fase puede ser cambiada en la paleta de propiedades, a excepción de las habitaciones.

A2.2.1 Creación de Fases

Aplicar la noción del tiempo al modelador BIM 3D realizado por Revit puede ser complicado, pero de hecho es bastante simple de implementar. Sólo se necesita los tres aspectos básicos sobre las propiedades de fase:

- El número de fases que van a componer el proyecto.
- Cómo se van a usar las propiedades de fase para filtrar las vistas.
- Cuál es la convención gráfica más útil para la fase del objeto.

Estos aspectos están mostrados en las tres pestañas del cuadro de diálogo que aparece cuando se selecciona la pestaña **Fases** dentro de la pestaña **Gestionar** de Revit.

Por defecto, Revit tiene dos fases: Existente y Nueva Construcción. Sin embargo, se pueden crear tantas fases como sean necesarias. En el caso de estudio se ha añadido una nueva fase llamada **Rehabilitación Urbanización**, como se puede observar en la *Figura 152*.

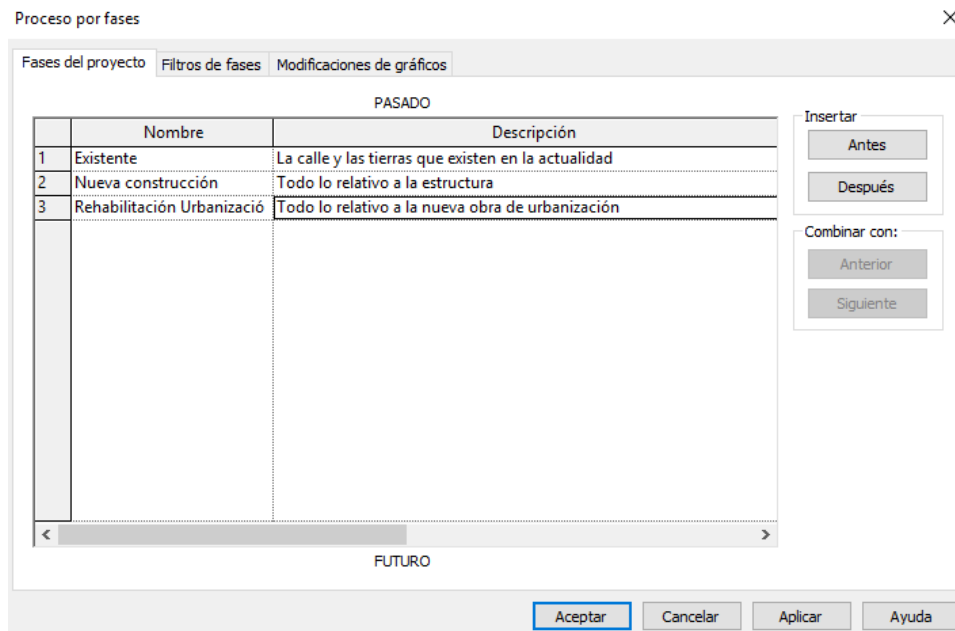


Figura 152. Fases utilizadas en el modelo. Fuente: Elaboración Propia.

A2.2.2 Filtros de Fase

Los filtros representan las diferentes formas de visualización que se le puede introducir a un elemento en una fase, es decir, lo que se va a mostrar y lo que no se va a mostrar en la fase.

Existen algunos filtros que se encuentran definidos por defecto. Pero se pueden introducir todos los filtros que sean necesarios. En esta pestaña se gestiona si se quieren mostrar cada uno de los estados de los filtros de fase:

- **Por categoría:** tal y como es en la realidad.
- **Modificado:** se muestra lo que se ha definido en la pestaña “Modificaciones de gráficos”, la cual se va a hablar a continuación.
- **No mostrado:** el objeto se oculta en la vista.

En el caso de estudio se ha introducido un nuevo filtro llamado **Presentación Final**, en el que se muestra lo nuevo y lo existente en su aspecto real.

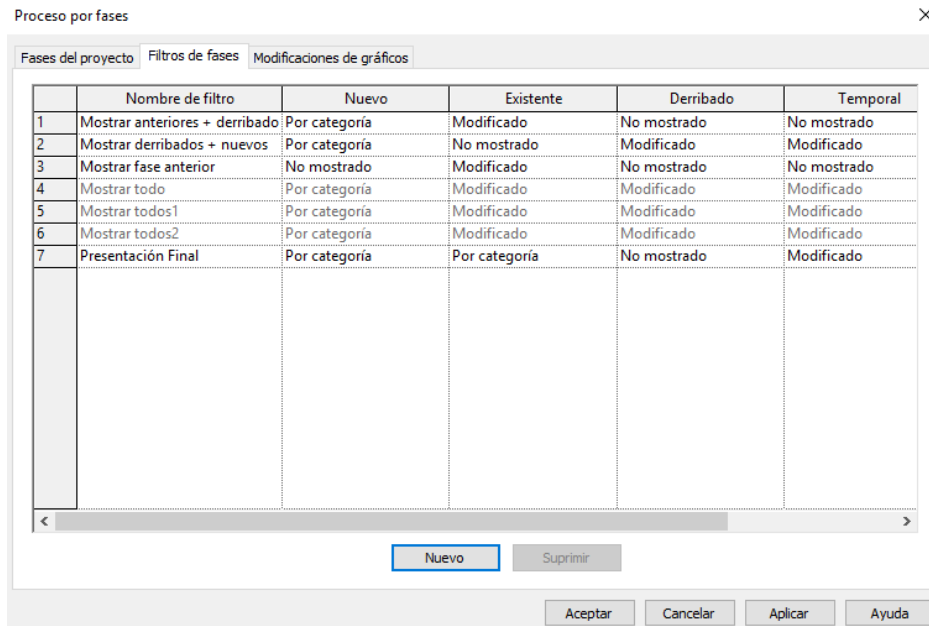


Figura 153. Filtros de fases utilizados en el modelo. Fuente: Elaboración Propia

A2.2.3 Estado de la Fase

Las fases de Revit pueden encontrarse en cuatro estados:

- **Nuevo:** es lo que se ha creado en la fase actual y no se demuele.
- **Existente:** es lo que se ha creado en la fase previa y no se demuele.
- **Derribado:** es lo que se ha creado en la fase previa y se demuele en la fase actual.
- **Temporal:** es lo creado y demolido en la misma fase.

La representación gráfica en cada uno de los estados es una forma de panificar visualmente la obra. En la pestaña **Modificaciones de gráficos** se le puede introducir el patrón y el color de como se va a mostrar en cada uno de los estados de fase si el estado tiene escogida la opción **Modificado**.

En la **Figura 154** se muestran los gráficos que se han escogido para cada uno de los estados del caso de estudio.

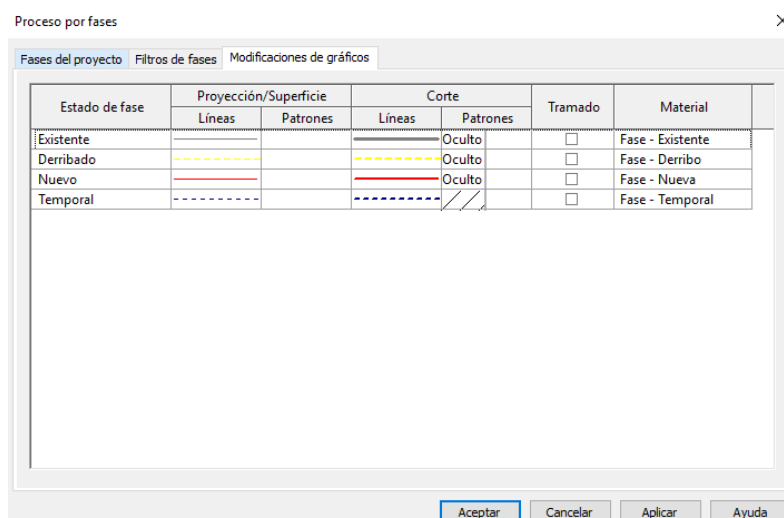


Figura 154. Gráficos utilizados en el modelo. Fuente: Elaboración Propia.

A2.3 CONSTRUCTIBILIDAD DEL MODELO

Una de las potencialidades del uso del BIM es que el proyecto puede ser estudiado de una forma más detallada. Antes de que existiera esta tecnología BIM simplemente se tenían las vistas de planta, alzado, perfil, las secciones y los detalles constructivos. Sin embargo, en una herramienta BIM como es Revit se tiene todo lo que podía obtener con herramientas CAD como AutoCAD, más el modelo 3D, dicha herramienta BIM tiene una de las funcionalidades más destacadas como es la Caja de Sección.

La **Caja de Sección** permite trabajar con el modelo 3D de una forma cómoda y permite realizar cortes en el modelo de forma instantánea. Gracias a esta herramienta se pueden detectar errores que en los planos no se podrían ver con tanto detalle.

A2.3.1 Aspectos que afectan la constructibilidad del modelo

En este apartado se muestran las **no conformidades** encontrados en los planos y archivos generados con anterioridad.

- **Espesor del muro pantalla**

Se ha detectado que en el modelo general 3D del proyecto, de donde se ha sacado la gran mayoría de los planos, las pantallas miden 50 cm en lugar de 60 cm, que es la medida normalizada definida en el proyecto. En algunos planos si se puede comprobar que las pantallas tienen un espesor de 60 cm, pero otros elementos se han dimensionado a partir de las pantallas de 50 cm de espesor.

- **Placas alveolares**

En el proyecto se ha realizado un estudio detallado de las dimensiones máximas y mínimas que podían soportar los pórticos, según los cálculos. Sin embargo, no se ha tenido en cuenta la disposición de cada una de ellas en todo momento.

Existen dos zonas en la que la colocación de las placas alveolares no era posible según los apoyos que aportaban la distribución de pórticos. Concretamente esas zonas corresponden a la intersección entre las dos avenidas y en el cambio de dirección en la zona que corresponde a la avenida el Cid, como se puede observar en la **Figura 155** y **Figura 156**.

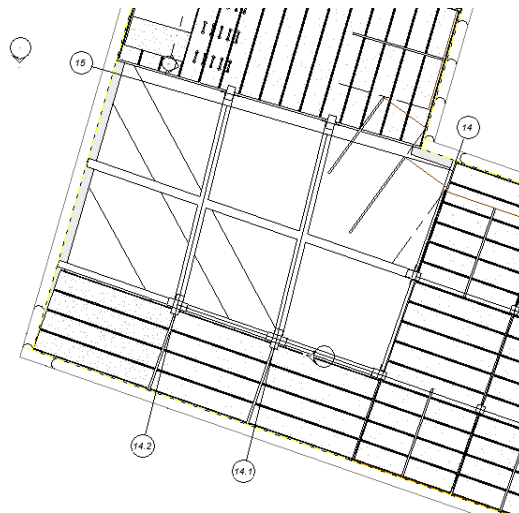


Figura 155. Zona de imposible colocación de placas alveolares. Fuente: Elaboración Propia.

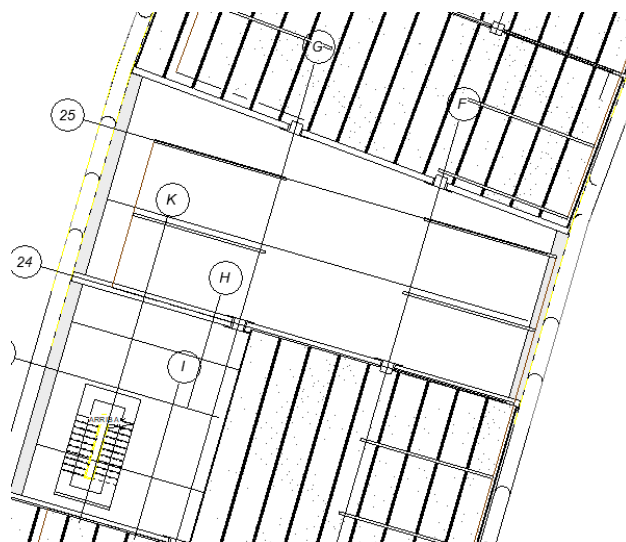


Figura 156. Zona de imposible colocación de placas alveolares. Fuente: Elaboración Propia.

- **Pórticos**

Con la ubicación que se le ha dado al pórtico P15 del Plano 7 Hoja 2 “Clasificación de Pórticos. Planta”, no se consigue un correcto apoyo en la viga perimetral. Este error no se ha detectado en el proyecto y podría ser motivo de fallo total o parcial de la estructura.

- **Viga de coronación**

La sección de la viga de coronación no es una sección coherente con el apoyo de las vigas que tienen que sostener. La sección lógica de una viga de coronación que sirve como apoyo es la sección en forma de L y el proyecto de referencia se habían diseñado en con forma rectangular con una anchura inferior al espesor del muro pantalla, como consecuencia de ello las vigas se tendrían que apoyar directamente en este.

- **Viga para pórticos**

Las longitudes de vigas que se han diseñado en el proyecto de referencia hacen que las vigas que forman a los pórticos estén demasiado ajustadas a la cara de los pilares, ya que deben tener cierta holgura para no complicar las labores de colocación de estas.

- **Viga perimetral**

La viga perimetral de 50 x 50 cm cumple su función perfectamente para las zonas laterales de la estructura. Sin embargo, esta viga perimetral tiene que recibir en la zona de los extremos a las placas alveolares en lugar de las vigas que forman el pórtico, cuya cota de apoyo se encuentra a 75 cm por encima.

- **Fases de excavación**

Una de las carencias más importantes que se ha detectado es que las fases de excavación no están representadas en el modelo original realizado en el proyecto. Por tanto, este modelo carece de carácter planificable, ya que se trata de una construcción subterránea y uno de los factores más importantes es el volumen de tierras va a mover.

A2.3.2 Cambios en el modelo

A continuación, se presentan los cambios que se han establecido en el proyecto CAD, y que en la gestión de una obra debería ser aprobado por el Director de Obra.

- **Pantallas de 60 cm**

Se ha decidido que en todo momento se van a modelar pantallas con un espesor de 60 cm, ya que es la medida que se recoge en la memoria del proyecto y en alguno de los planos. En el caso de que esta acción pueda influir en la colocación de otros elementos, se subsanará de la manera más segura.

- **Forjados**

En las zonas que no se pueden incluir cambios de dirección en la colocación de las placas alveolares, se ha decidido colocar un forjado de hormigón realizado in situ de 30 cm de espesor. Esta puede ser una medida para darle solución a este problema.

- **Pórticos**

Se ha decidido que la posición del pórtico P15 se desplaza unos 70 cm para que la viga del extremo del pórtico tenga un apoyo adecuado. En la **Figura 157** se puede observar que el pórtico finalmente no se ha colocado en la rejilla 15, la cual corresponde al pórtico P15.

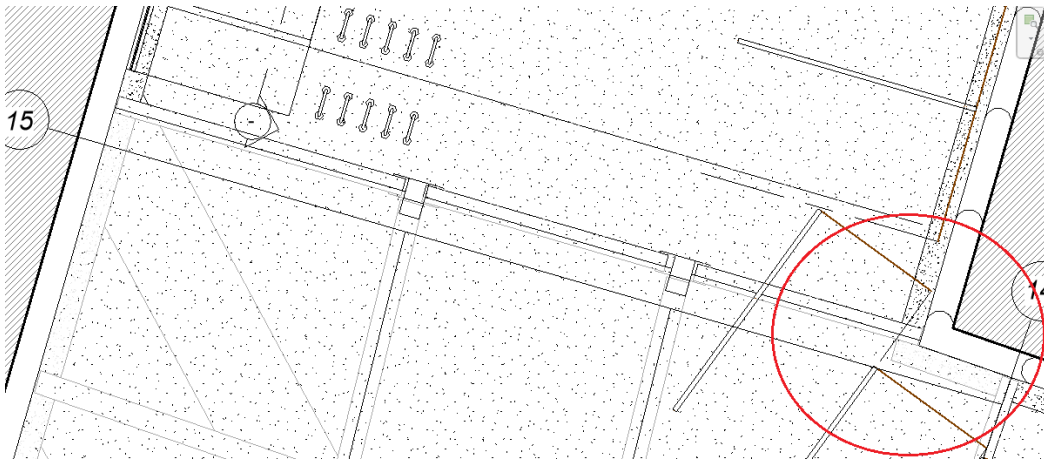


Figura 157. Desplazamiento del pórtico P15. Fuente: Elaboración Propia.

- **Viga de coronación**

En este caso se ha modelar dos tipos de secciones de viga en L para colocarlas según se encuentre en la zona de los laterales o de los extremos de la estructura. Las dimensiones de cada una de ellas se recogen en el ANEJO 3.

El cambio de sección y de las dimensiones de la viga de coronación ha provocado que se haga un replanteamiento de las pantallas, modificando la longitud de estas a 18,1 m en lugar de los 20 m que estaban proyectados. El acortamiento de muro pantalla se realiza en la parte superior, llegando el apoyo de las pantallas hasta la cota -20 m.

- **Vigas para pórticos**

Como las vigas que forman los pórticos necesitaban más holgura para su correcta colocación en la estructura y se han cambiado la distribución y el diseño de alguno de los elementos para que se adaptarán a la realidad constructiva, se han modelado vigas que tienen una longitud diferente a las que estaban diseñadas en el proyecto de referencia. Las dimensiones de cada una de las vigas se encuentran recogidas en el ANEJO 3.

- **Viga Perimetral**

Además de la viga perimetral de 50 x 50 cm, se ha modelado una viga rectangular con sección 50 x 120 cm con el objetivo de ser de utilidad para el apoyo de las placas alveolares de las zonas de los extremos de la estructura.

- **Fases de excavación**

Las fases de excavación se han modelado siguiendo las especificaciones que se recogen en el proyecto de referencia y adaptándolas a la posterior planificación que se va a realizar, es decir, zonificándolas.

A2.4 REALIZACIÓN DE UN MODELO DIGITAL CONSTRUIBLE

En este apartado se pretende destacar la importancia de la realización de un modelo digital acorde con los procesos constructivos que se van a realizar posteriormente en la vida real.

El enfoque que hay que dar a los modelos BIM 3D que tienen como objetivo principal mostrar el diseño de la construcción terminada no es el mismo que el que hay que darles a los modelos BIM 3D que cuyo fin último es realizar la planificación de obras.

Todos los profesionales que se dedican a la planificación BIM 4D comentan que hay que modelar como se va a construir. Gracias a ello, se pueden realizar simulaciones de procesos constructivos desde su concepción sin perder ninguna propiedad, sin dejar atrás que la potencia que tiene las herramientas de modelado gráfico de los softwares de modelado BIM 3D es mucho mayor.

A continuación, se muestran una serie de especificaciones que se han tenido en cuenta a la hora de modelar en Revit y que permiten realizar la simulación de la ejecución real de la obra sin tener que realizar cambios, a priori, en el modelo BIM 4D.

- **Pantallas por módulos independientes para ver la secuencia constructiva**

En el archivo de Proyecto de Revit se han creado familias de los diferentes tipos de pantalla para que fueran tratados de forma independiente, el lugar de ser un muro de contención único como se observa en algunos de los planos del proyecto recibido. Con esta forma de modelar se consigue que una vez exportado el modelo a el programa de Planificación BIM4D se puedan programar las pantallas de forma independiente simulando el proceso constructivo real.

- **Modelado de la Tierra de excavación**

En un modelo BIM3D que se centra únicamente en la presentación del producto terminado, no se modelan los volúmenes de tierras existentes en la ubicación de la infraestructura y que van a tener que ser enviados a vertedero o a la zona de acopio.

Estos volúmenes de tierra pueden suponer una problemática en el programa de planificación BIM 4D en el caso que no se hayan modelado pensando en la futura planificación, provocando divisiones y pérdidas de información innecesariamente.

En el caso de estudio se han modelado todos los volúmenes de tierra que se van a demoler o excavar para conseguir el resultado final esperado. Los volúmenes que se han modelado son los siguientes:

- Vaciado con taludes hasta la cota de explanación donde se realiza el hormigonado de las pantallas.
- Zanja de excavación para construcción de muretes guía.
- Volumen de tierra correspondiente a la excavación de las pantallas.
- Excavación hasta cota -1,90 para la demolición de los muretes y la cabecera de las pantallas.
- Excavación hasta cota -6,60 para la colocación de vigas metálicas de arriostramiento
- Excavación hasta cota -8,05 para la realización de la losa de cimentación
- Relleno hasta la cota donde se va a asentar la obra de urbanización
- Terreno existente alrededor y bajo la estructura del aparcamiento subterráneo.

- **Zonificación de las masas de tierra**

Uno de los aspectos más importantes a la hora de planificar es tener en cuenta la zonificación que se va a establecer en la obra. Por tanto, es una labor importante que el modelador BIM3D tenga en cuenta las instrucciones del planificador, ya que, si realiza la división de los volúmenes de tierra anteriormente mencionados desde el software de modelado, facilita la labor del planificador debido a que las técnicas de división del programa de Planificación son menos eficaces y provocan pérdidas de propiedades de estos.

- **Elementos de uso temporal**

En un modelo cuyo objetivo principal es mostrar el producto terminado de la construcción, no tiene sentido incluir algunos elementos que sólo se van a utilizar en la fase de construcción. Sin embargo, sirven como un complemento indispensable para la simulación de la ejecución real de la obra.

En este grupo se incluyen elementos como son los muretes guía para la excavación del muro pantalla, las vigas que sirven de arriostramiento de las pantallas mientras se está excavando o las vallas de cerramiento que forman el cajón de obra.

- **Urbanización**

En cuanto a la urbanización, se ha modelado el antes y después de la construcción del aparcamiento subterráneo. Son elementos que tienen sentido para un futuro modelo BIM 4D, pero no para una presentación final de un modelo puramente BIM 3D.

- **Introducción de fases**

Como se ha mencionado anteriormente en este anejo, las fases de un proyecto de Revit es la manera que tiene de controlar el tiempo. A cada elemento se le asocia una fase y aparece o desaparece en función de las fases y los filtros de fase que se encuentren activadas en ese momento.

Gracias a la asociación de fases a cada uno de los elementos del modelo BIM 3D, se puede conseguir un mejor flujo de trabajo a la hora de la realización de la planificación BIM 4D.

ANEJO 3. FAMILIAS CREADAS

En el presente anejo se describe el proceso realizado para el **modelado de las familias** creadas en función al diseño del proyecto de referencia para luego ser incluidas en el modelo BIM 3D a realizar con la herramienta BIM Revit.

A3.1 Clasificación de los elementos en Revit

Antes de explicar el proceso de modelado de cada una de las familias que componen el aparcamiento subterráneo, se ha de introducir unos conceptos claves para el entendimiento de este proceso.

Los elementos de Revit tienen una clasificación jerárquica desde lo más genérico hasta el simple elemento que se coloca en el proyecto de Revit. La clasificación es la siguiente: **Categorías>Familias>Tipos>Ejemplares**.

A3.1.1 Categorías

Se trata del primer escalón de la estructuración en Revit. Se puede definir como los grandes grupos en los que Revit aglutina a los elementos que comparten características comunes en función de sus usos constructivos, es decir, es la agrupación de familias. Por ejemplo, se considera categoría a ventanas, puertas, muros, cubiertas, cimentación estructural, armazón estructural, etc.

A3.1.2 Familias

Se considera familia a un grupo que está formado por elementos que tienen un conjunto de propiedades comunes (parámetros) y una representación gráfica relacionada. Existen tres tipos de familias:

- Familias de sistema
- Familias cargables
- Familias in situ

En un proyecto de Revit mayormente se crean las familias de sistemas y las familias cargables. Los elementos que no son habituales o que son más personalizados se realizan con las familias in situ.

A3.1.2.1 Familias de Sistema

Son las familias que contienen con los que se pueden modelar elementos constructivos básicos de Revit y está predefinidas en Revit. No se cargan en los proyectos desde archivos externos, ni se guardan en ubicaciones externas del proyecto. Ejemplos: cubiertas, muros, suelos, escaleras, etc.

A3.1.2.2 Familias Cargables

En este tipo de familias se tiene más control sobre los parámetros que se introducen que en las familias de sistemas, en las cuales existen parámetros predeterminados que no se pueden modificar.

Las familias cargables se crean y se modifican en un ambiente externo llamado **Editor de Familia**.

Existen infinidad de catálogos con gran variedad de calidades, es cuestión de saber escoger la familia adecuada para cada momento, aunque hay familias que aún no existen o que no están demasiado estandarizadas. En cualquier caso, siempre es posible, y además recomendable, que el usuario las modele. Esta última opción es la que se ha escogido en la mayoría de los casos salvo contadas excepciones.

Algunas de las fuentes para buscar familias que pueden ser incluidas en el proyecto son:

- BIMObject
- National British Library, NBS
- Bimética

- RevitCity

A3.1.2.3 Familias In Situ

Son elementos exclusivos que el usuario de Revit crea cuando necesita un componente muy concreto para un proyecto y no suele repetirse más durante el modelado. La opción de creación de este tipo de familias se encuentra dentro del proyecto de Revit que se tiene abierto en ese momento.

Estas familias se crean a partir de herramientas de formas, que son las mismas que se utilizan en las familias cargables.

A3.1.3 Tipos

Es una clasificación que se realiza dentro de la misma familia, en donde las características son comunes salvo algún parámetro, es decir, dentro de una misma familia se encuentran varios tipos de elementos. El parámetro que cambia suele ser una de las dimensiones.

A3.1.4 Ejemplares

Se corresponden al último nivel de clasificación de Revit, en el que se trata cada elemento individualmente.

A3.2 Modelado de Familias

A3.2.1 Pantallas

En primer lugar, se ha realizado modelado de las familias que corresponden a las distintas tipologías de módulos de pantallas, cuyo diseño está recogido en el plano 6 Hoja 8 “Secciones Generales. Módulos Bloque Muro Pantalla” del proyecto realizado por el ingeniero D. Juan Peña Sancho. Como el método constructivo elegido por el proyectista ha sido mediante bataches, y además que las esquinas crean problemas en su intersección, se han creado varias familias con geometría muy diferente.

Se han creado las siguientes familias de pantalla:

- **TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230**

Esta pantalla es la más característica, es decir, es la pantalla ideal que quedaría cuadrada a la perfección si la geometría fuera sencilla. Pero se han tenido que crear pantallas intermedias de diferentes tamaños. Esta pantalla tiene una longitud de 2,3 m y su forma es de media luna con el centro hacia fuera en un extremo y hacia dentro en el otro, como se puede observar en la *Figura 158*.

El primer paso del proceso de modelado es abrir el **Editor de Familias**, donde se escoge la opción de plantilla de **Modelo genérico métrico**, ya que se considera la más básica de todas y a la vez la más flexible de modelar.

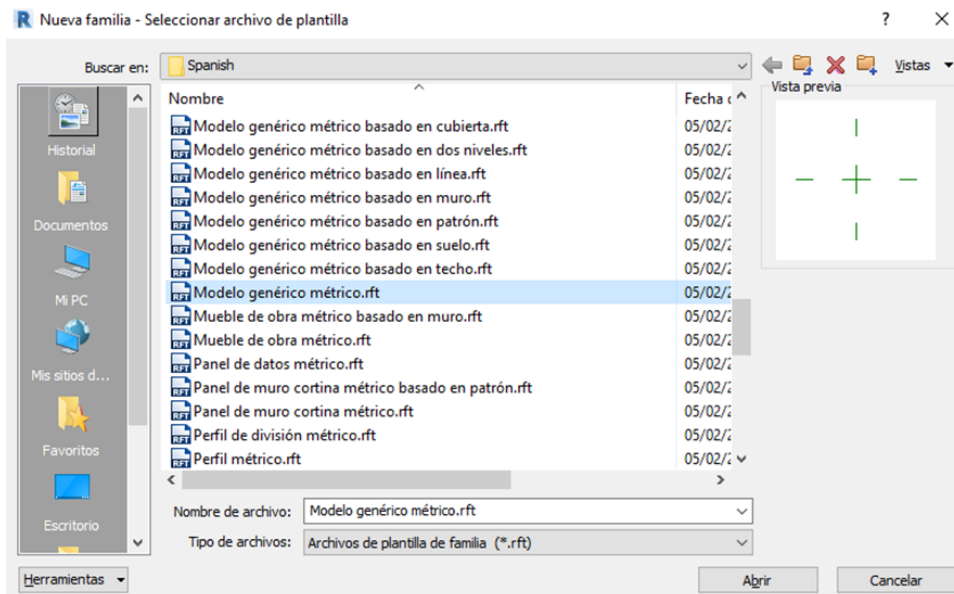


Figura 158. Editor de familias. Fuente: Elaboración Propia.

Una de las formas más sencillas de realizar la pantalla es a partir de la extrusión de la sección típica de la pantalla según los planos. Dicha extrusión se realiza a través de **Crear>Extrusión**, como se observa en la **Figura 159**.

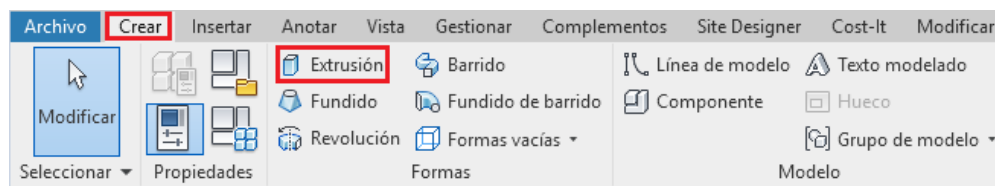


Figura 159. Crear una extrusión. Fuente: Elaboración Propia

La sección de la extrusión es realizada a partir de una vista en planta del editor de familias y gracias a las diferentes herramientas de dibujo que componen dicha opción.

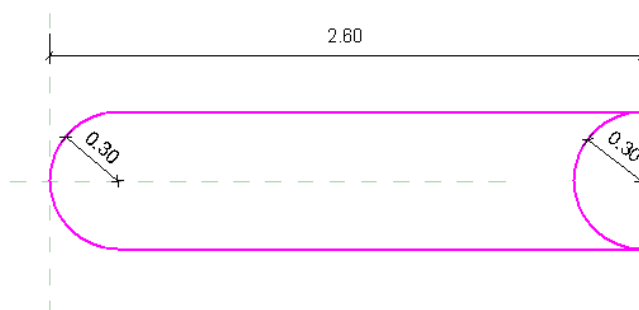


Figura 160. Extrusión de la geometría de la pantalla. Fuente: Elaboración Propia

Una vez dibujada la sección del módulo de la pantalla, se definen las propiedades principales que van a componer la extrusión, como son las restricciones de inicio y final de la extrusión según el plano de planta que se está tomando de referencia, así como el material del que va a estar compuesta la extrusión. En este caso se puede observar en la **Figura 161** que el material seleccionado ha sido Muro por defecto y que la pantalla tiene una longitud de 18,10 m debido que están colocadas en el N1_Cota 0.0_Estructura y las pantallas comienza a cota -1,90 m de ese nivel.

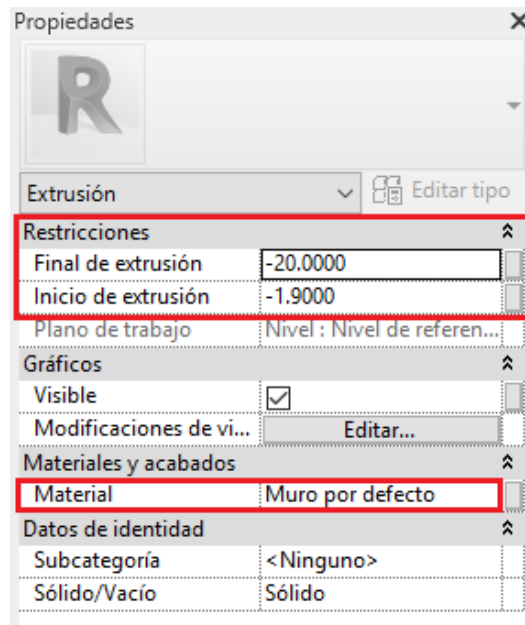



Figura 161. Propiedades principales de la extrusión de la pantalla. Fuente: Elaboración Propia.

Si se da por terminada la familia tal y como está, va a adquirir la categoría de modelo genérico una vez que se cargue en el proyecto. Por tanto, es conveniente definir la categoría de la familia pulsando en la pestaña , por la cual se abre un menú desplegable en que se elige la opción **Cimentación estructural** en este caso.

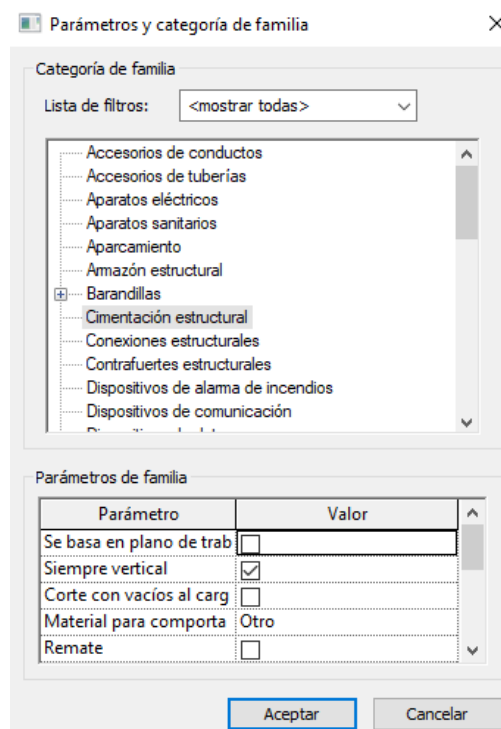


Figura 162. Menú desplegable para definir la categoría de la familia. Fuente: Elaboración Propia

El resultado final de la familia tiene un aspecto como el que se muestra en la **Figura 163**.

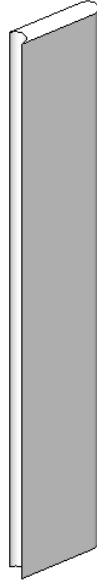


Figura 163. Resultado final de la familia de pantalla. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pantalla_intermedia_72**

Esta pantalla tiene las mismas características que la anterior, pero con una anchura de módulo diferente, definida por el módulo 72 según los planos de proyecto.

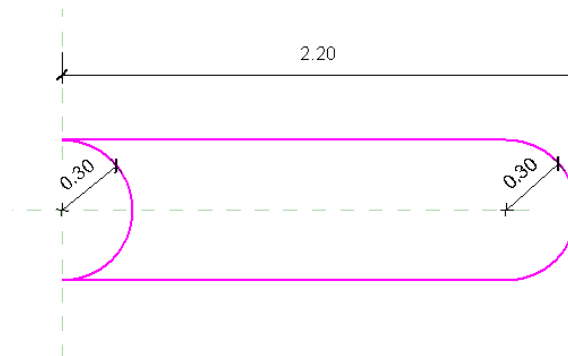


Figura 164. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_intermedia_72. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pantalla_intermedia_169**

Esta pantalla tiene las mismas características que la anterior, pero con una anchura de módulo diferente, definida por el elemento 169 de los planos de proyecto.

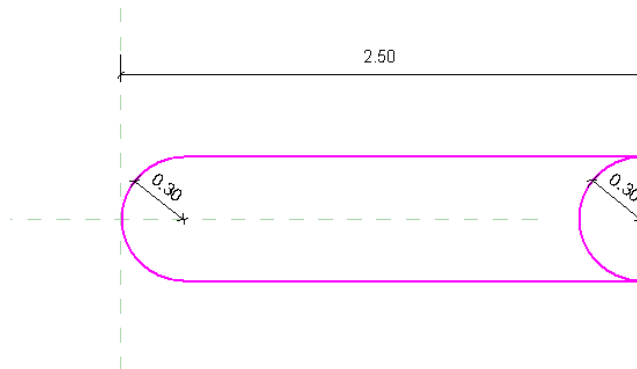


Figura 165. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_intermedia_169. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pantalla_clave_73**

Esta pantalla se ha llamado clave porque es la que se construye al principio debido a que tiene forma de dos medias lunas con el centro hacia fuera, correspondientes a la forma de los dos tubos juntas que se colocan durante el hormigonado de la pantalla. En el resto de las pantallas se parte con la premisa que uno de los huecos ya está relleno y sólo hay que colocar un tubo en el otro extremo. El número 73 corresponde al elemento del plano del proyecto.

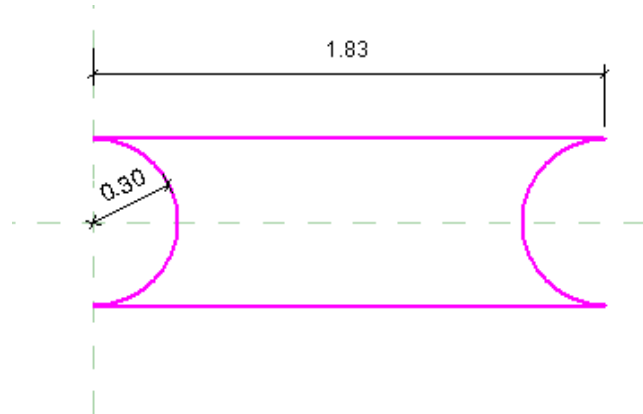


Figura 166. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_clave_73. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pantalla_Clave_168**

Esta pantalla es exactamente igual que la anterior pero correspondiente con la anchura del módulo del elemento número 168 de los planos del proyecto.

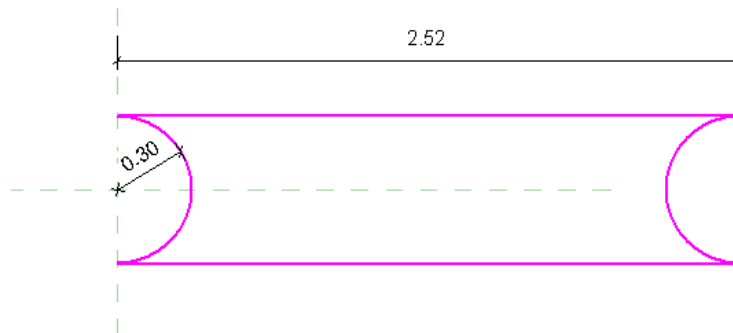


Figura 167. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_Clave_168- Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pantalla_esquina_255_256**

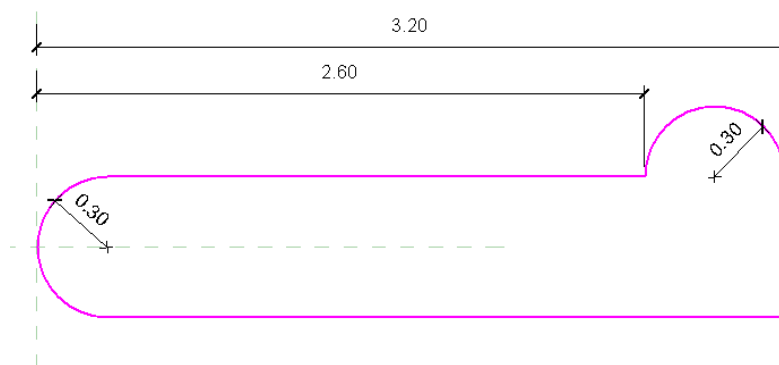


Figura 168. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_esquina_255_256. Fuente: Elaboración Propia.

- TFG_AMR_Pantalla_esquina_264_265

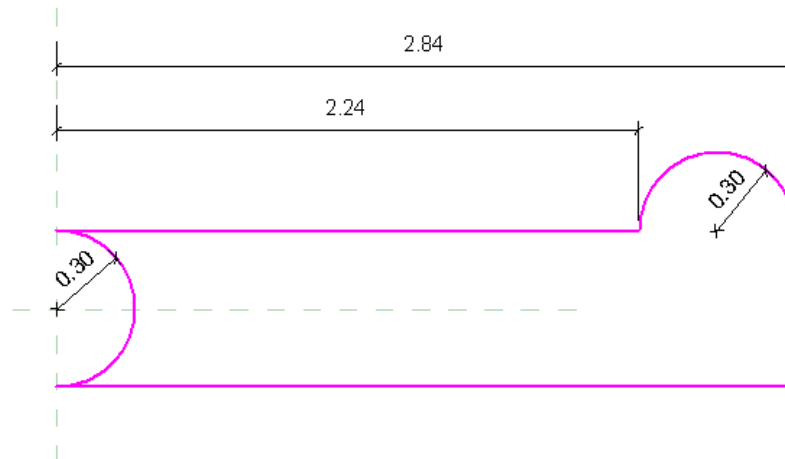


Figura 169. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_esquina_264_265. Fuente: Elaboración Propia.

- TFG_AMR_Pantalla_esquina_41_42

Este tipo de módulo es especial, ya que corresponde a una de las esquinas del aparcamiento y tiene una geometría más complicada de reproducir. Para ello, se ha recurrido al aislamiento del módulo de la pantalla en AutoCAD, como se puede observar en la **Figura 170**, y se ha importado en el Editor de Familias de Revit, como se puede observar en la **Figura 171**.

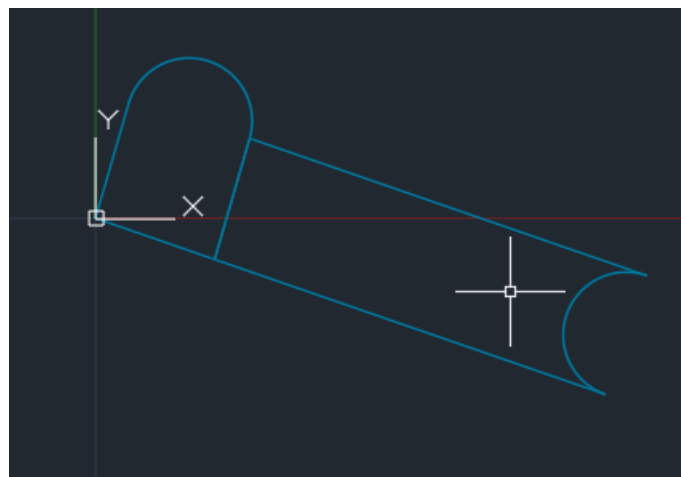


Figura 170. Módulo de Pantalla en AutoCAD. Fuente: Elaboración Propia.

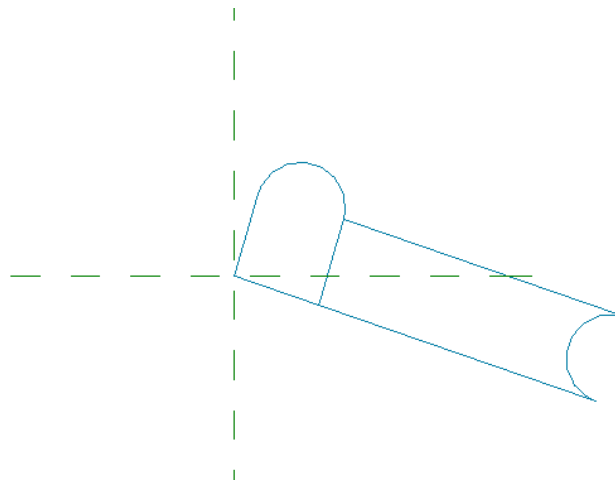


Figura 171. Resultado de importación. Fuente: Elaboración Propia

Una vez importado el módulo, se procede a realizar la extrusión como en los anteriores casos. El resultado final de la extrusión se muestra en la **Figura 172**.

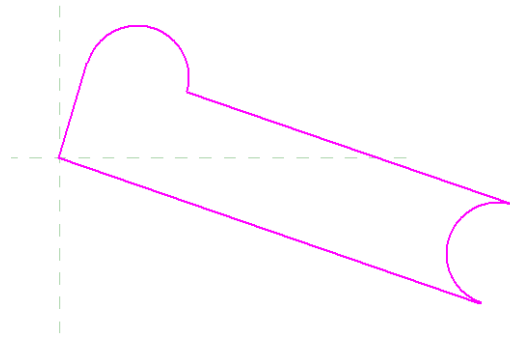


Figura 172. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_esquina_41_42. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pantalla_esquina_115_116**

El proceso de modelado de este módulo de pantalla ha sido exactamente el mismo que en el caso anterior.

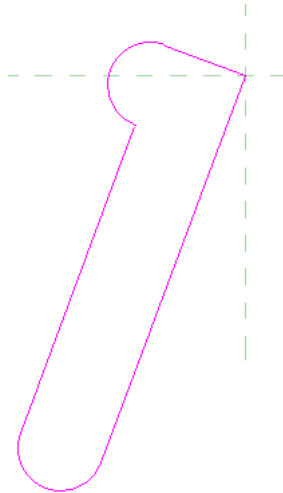


Figura 173. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_esquina_115_116. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pantalla_esquina_124_125**

El proceso de modelado de este módulo de pantalla ha sido exactamente el mismo que en los dos casos anteriores.

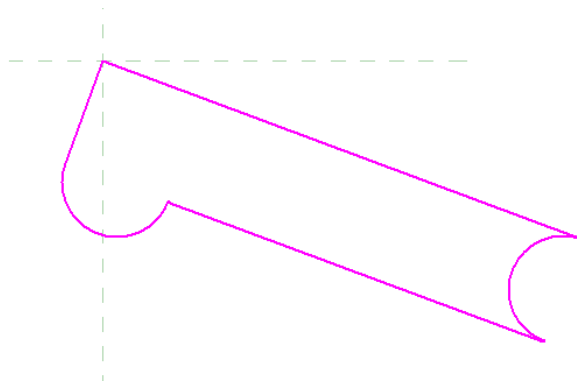


Figura 174. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_esquina_124_125. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pantalla_esquina_206_207**

El proceso de modelado de este módulo de pantalla ha sido exactamente el mismo que en los tres casos anteriores

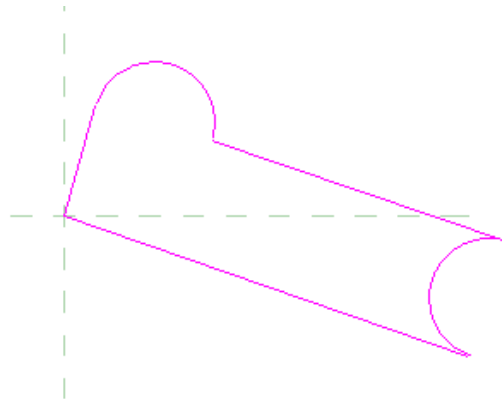


Figura 175. Extrusión de la geometría del módulo de la Pantalla_esquina_206_207. Fuente: Elaboración Propia.

A3.2.2 Pilares

El aparcamiento subterráneo está compuesto por varias tipologías de pilares con una altura de 3,85 m o 4,5 m dependiendo si se encuentran situados en la planta -1 o la planta -2 respectivamente. Por tanto, se ha decidido realizar una familia para cada tipología de pilar:

- **TFG_AMR_Pilar_intermedio_P-1**

Este tipo de pilar es el que aparece en la mayoría de las ocasiones, ya que se encuentran situados en las zonas intermedias de los pórticos. Su característica principal es que está preparado para recibir dos vigas de 75 cm de canto a la misma altura. Las dimensiones del pilar están sacadas según el Plano 6 Hoja 12 “Secciones Generales. Pórtico tipo 1 y tipo 2”.

Esta familia de pilar se ha modelado realizando tres extrusiones en diferentes planos. La primera de ellas ha sido una extrusión del cuadrado de la base del pilar de 45x45 cm hacia arriba desde el plano de planta hasta alcanzar 3,83 m de altura del pilar, como se puede observar en la **Figura 176**. Las dos extrusiones restantes corresponden a los dinteles donde se apoyan las vigas, cuyas dimensiones de sección se representan en la **Figura 177** y la profundidad de extrusión es de 35 cm.

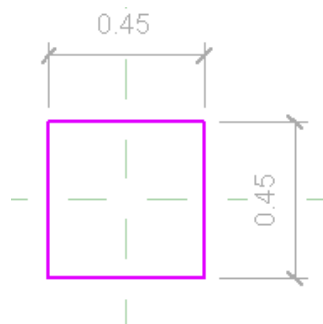


Figura 176. Extrusión de a base del pilar. Fuente: Elaboración Propia.

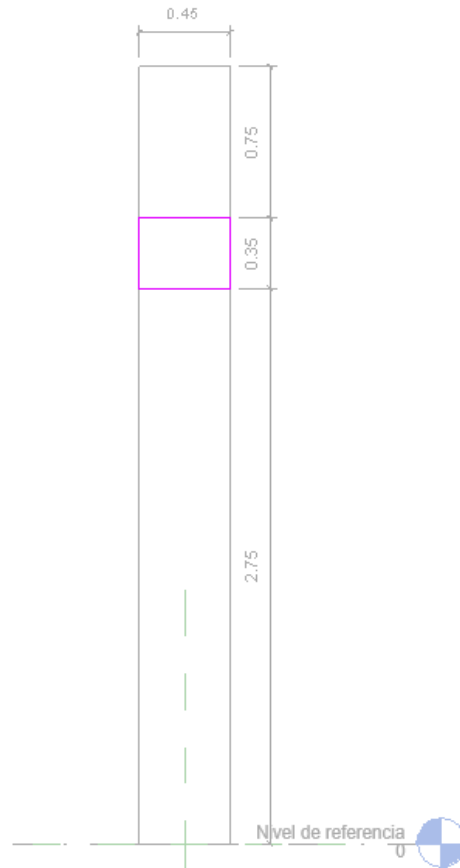


Figura 177. Extrusión de la geometría de los dinteles de la familia Pilar_intermedio_P-1. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez que se han realizado todas las extrusiones, quedaría asignarle el material que se ha dejado **Por defecto** e indicarle que esta familia pertenece a la categoría de **Pilar** a través de **Archivo > Propiedades > Parámetros y Categoría de familias**. El resultado final de esta familia tendría un aspecto como el de la *Figura 178*.

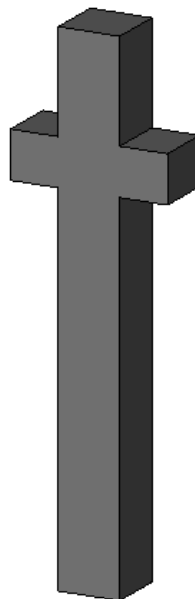


Figura 178. Aspecto final de la familia Pilar_intermedio_P-1. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pilar_intermedio_P-2**

Este pilar se ha realizado exactamente con el mismo procedimiento que el anterior y sus dimensiones se muestran en la *Figura 179*.

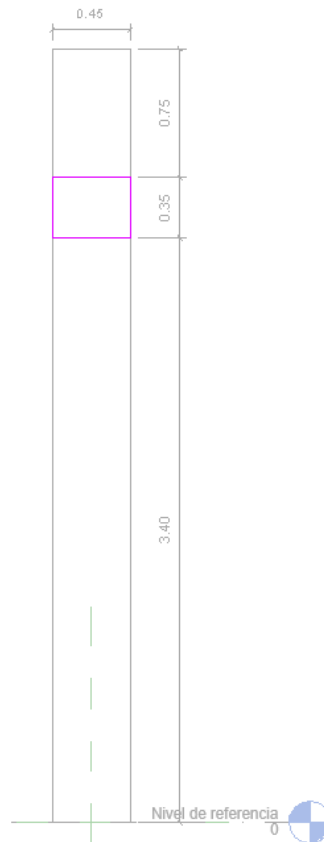


Figura 179. Extrusión de la geometría de los dinteles de la familia Pilar_intermedio_P-2. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pilar_Rampa_P-1**

Esta familia de pilar está caracterizada por tener un único apoyo para la viga de 75 cm de canto. Tienen este tipo de configuración porque corresponden a los pórticos 3, según Plano 6 Hoja 3 “Secciones Generales. Pórtico tipo 3”, ya que se encuentran situados en las zonas junto a las rampas de subida y bajada de vehículos y, por tanto, estos pórticos no tienen que sostener a las vigas que llegan al muro pantalla.

El modelado de la familia ha sido realizado mediante extrusiones en diferentes planos. En este caso, la base del pilar se ha realizado con la misma extrusión de un cuadrado de 45x45cm y el dintel se ha realizado con otra extrusión de 35 cm de profundidad con unas dimensiones como las que se muestran en la *Figura 180*.

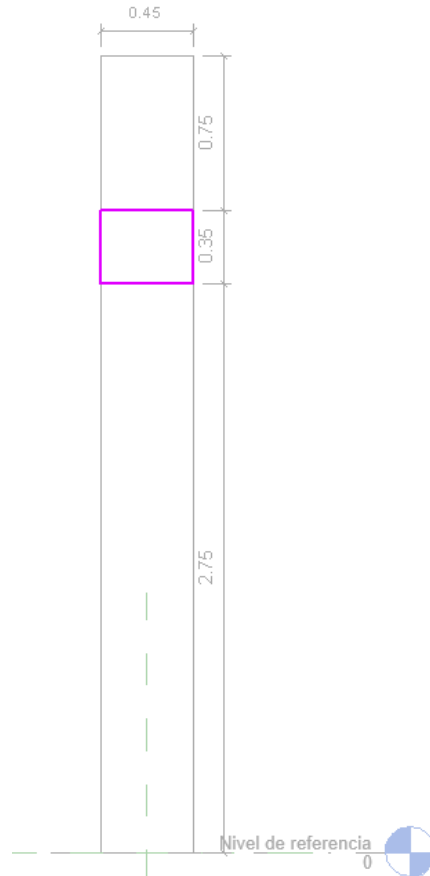


Figura 180. Extrusión de la geometría del dintel del Pilar_Rampa_P-1. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez que se han realizado todas las extrusiones, quedaría asignarle el material que se ha dejado **Por defecto** e indicarle que esta familia pertenece a la categoría de **Pilar** a través de **Archivo > Propiedades > Parámetros y Categoría de familias**. El resultado final de esta familia tendría un aspecto como el de la *Figura 181*.

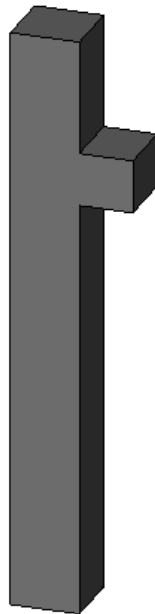


Figura 181. Aspecto final del Pilar_Rampa_P-1. Fuente: Elaboración Propia.

- TFG_AMR_Pilar_Rampa_P-2

Este pilar se ha realizado con el mismo procedimiento que en el caso anterior, variando su altura total. Las dimensiones del pilar se recogen en la **Figura 182**.

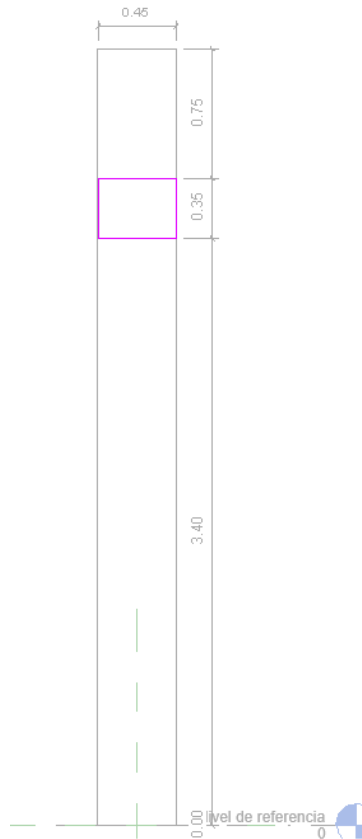


Figura 182. Extrusión de la geometría del dintel del Pilar_Rampa_P-2. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pilar_intermedio_3_P-1**

Esta familia de pilar está caracterizada por tener tres apoyos de viga, dos de ellos para vigas de 75 cm de canto y otro para el apoyo de uno de los extremos del emparrillado. En este caso el apoyo debe recibir un extremo del emparrillado de la planta -1, es decir, un canto de 1,2 m.

El modelado ha sido realizado a partir de extrusiones realizadas en diferentes planos. La base del pilar de 45x45cm se ha realizado exactamente igual que en los caso anteriores, los dos dinteles que tienen que recibir vigas de 75 cm también se ha realizado igual que las de los pilares intermedios y la última extrusión, de 35 cm de espesor y con unas dimensiones como las que se muestran en la **Figura 183**, corresponde al dintel de apoyo del emparrillado

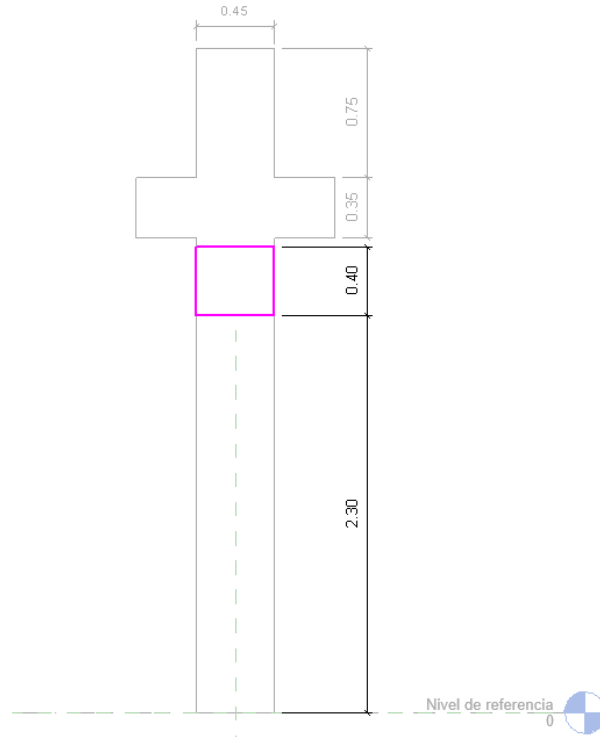


Figura 183. Extrusión de la geometría del tercer dintel del Pilar_intermedio_3_P-1. Fuente. Elaboración Propia-

Una vez que se han realizado todas las extrusiones, quedaría asignarle el material que se ha dejado **Por defecto** e indicarle que esta familia pertenece a la categoría de **Pilar** a través de **Archivo > Propiedades > Parámetros y Categoría de familias**. El resultado final de esta familia tendría un aspecto como el de la **Figura 184**.

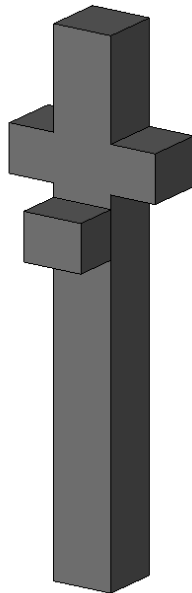


Figura 184. Aspecto final del Pilar_intermedio_3_P-1. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pilar_intermedio_3_P-2**

Este pilar está caracterizado por tener tres apoyos de viga. Los dos que pertenecen a los pórticos de las vigas de 75 cm de altura y el apoyo del emparrillado de la planta-2 que tienen un canto de 1 m. El modelado de este pilar ha sido exactamente igual que en el caso anterior, cambiando la altura total del pilar y la altura de apoyo del emparrillado. Las dimensiones se recogen en la **Figura 185**.

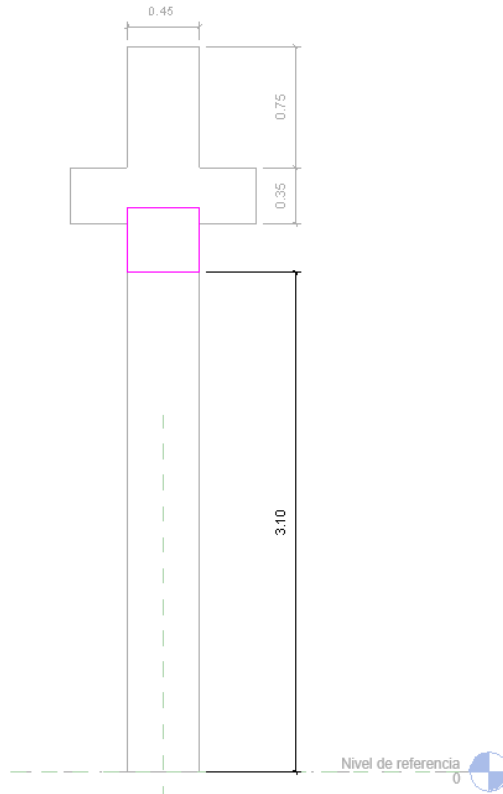


Figura 185. Extrusión de la geometría del tercer dintel del Pilar_intermedio_P-2. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pilar_intermedio_3_P-1_viga_baja**

Este pilar está caracterizado por tener tres apoyos de las vigas de 75 cm de canto. Recibe este nombre porque se creó en función de la anterior solo que el que el tercer apoyo está preparado para una de 75 cm (canto más bajo) en lugar que la viga de los emparrillados. Las dimensiones del pilar se muestran en la **Figura 186**.

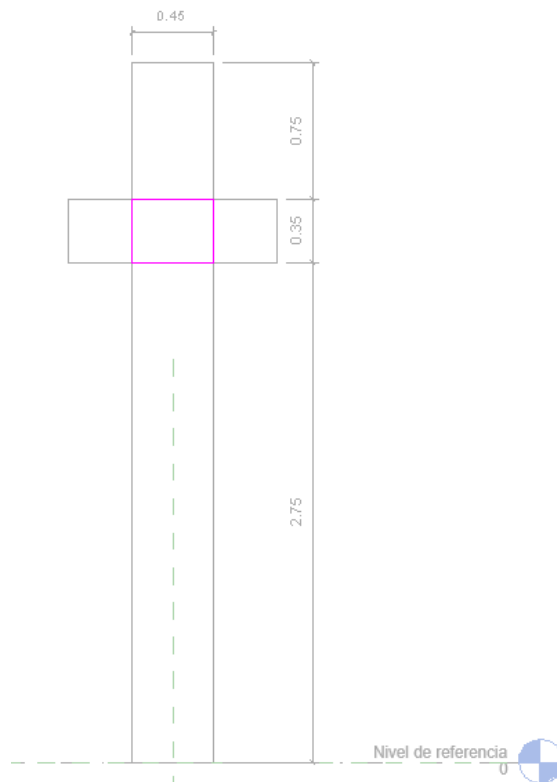


Figura 186. Extrusión geometría del tercer dintel Pilar_intermedio_3_P-1_viga_baja. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez que se han realizado todas las extrusiones, quedaría asignarle el material que se ha dejado **Por defecto** e indicarle que esta familia pertenece a la categoría de **Pilar** a través de **Archivo > Propiedades > Parámetros y Categoría de familias**. El resultado final de esta familia tendría un aspecto como el de la *Figura 187*.

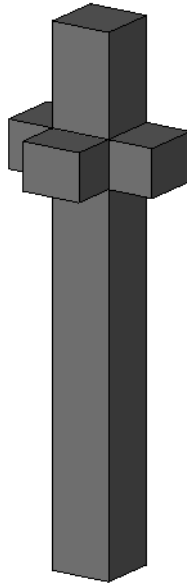


Figura 187. Aspecto final del Pilar_intermedio_3_P-1_viga_baja. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pilar_intermedio_3_P-2_viga_baja**

Este pilar se ha realizado con el mismo procedimiento que en el caso anterior, variando su altura total. Las dimensiones del pilar se recogen en la *Figura 188*.

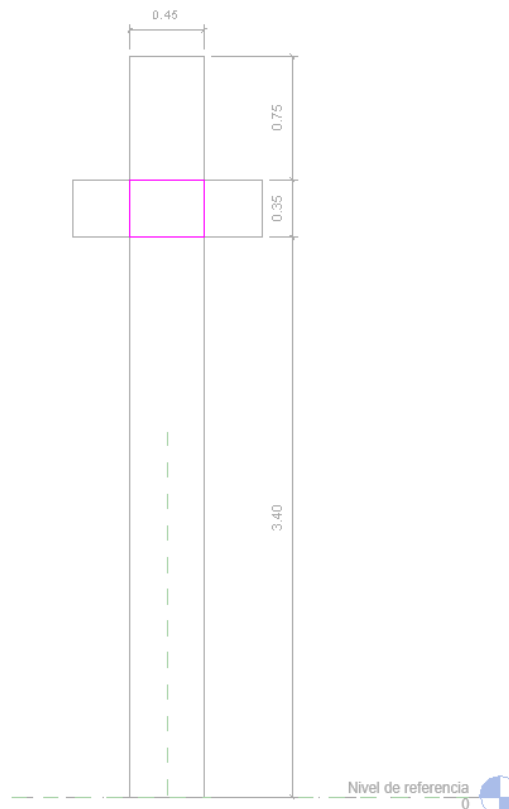


Figura 188. Extrusión geometría del tercer dintel del Pilar_intermedio_3_P-2_viga_baja. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pilar_raro_P-1**

Esta familia de pilar está caracterizada por tener 4 apoyos de vigas, es el caso más especial de todos los anteriores. Tres de los apoyos son para las vigas de 75 cm de canto y el otro está preparado para recibir la viga del emparrillado de 1 m de canto.

El proceso de modelado de esta familia es el mismo que en los casos anteriores a excepción del cuarto apoyo, es decir, realizando cuatro extrusiones para la base del pilar y los tres apoyos y realizando una última extrusión de 35 cm de espesor para el último apoyo correspondiente al emparrillado de 1,2 m de canto. Las dimensiones se exponen en la **Figura 189**.

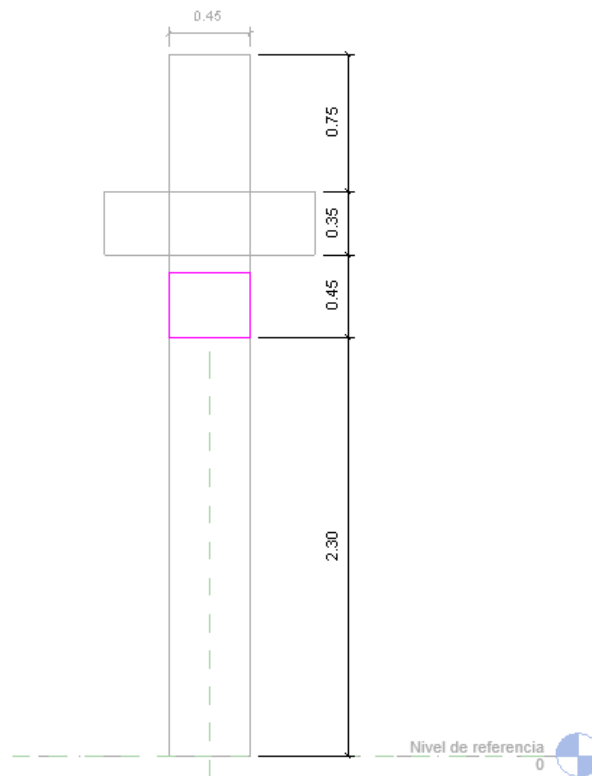


Figura 189. Extrusión de la geometría del cuarto dintel del Pilar_raro_P-1. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez que se han realizado todas las extrusiones, quedaría asignarle el material que se ha dejado **Por defecto** e indicarle que esta familia pertenece a la categoría de **Pilar** a través de **Archivo > Propiedades > Parámetros y Categoría de familias**. El resultado final de esta familia tendría un aspecto como el de la **Figura 190**.

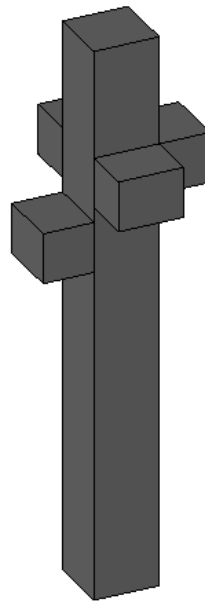


Figura 190. Aspecto final del Pilar_raro_P-1. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Pilar_raro_P-2**

Esta familia de pilar está caracterizada por tener 4 apoyos de vigas. Tres de ellos son para las vigas de 75 cm de canto y el otro está preparado para recibir la viga del emparrillado de 1 m de canto.

El proceso de modelado se ha realizado de la misma manera que en el caso anterior, variando la altura total del pilar y la altura del cuarto apoyo, como se puede observar en la **Figura 191**.

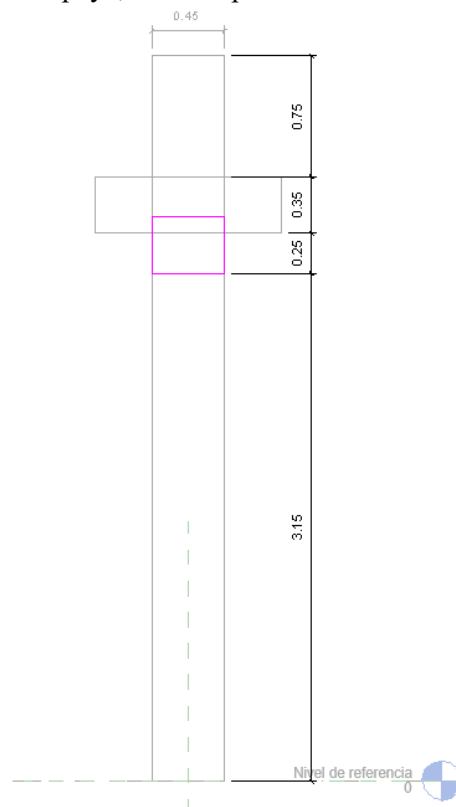


Figura 191. Extrusión de la geometría del cuarto dintel del Pilar_raro_P-2. Fuente: Elaboración Propia.

A3.2.3 Zapata rectangular

Las zapatas prefabricadas son elementos comunes en las obras de edificación por lo que Revit tiene definido en su propia biblioteca la familia de zapata rectangular. Por tanto, en este caso simplemente se ha cambiado las propiedades del tipo.

El proceso comienza cargando la familia desde la biblioteca de Revit a través de **Insertar > Cargar desde biblioteca > Cargar Familia**, como se observa en la **Figura 192**.

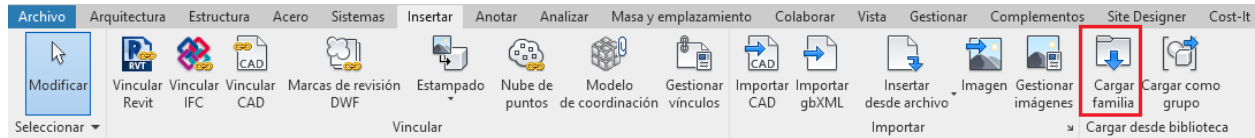


Figura 192. Cargar familia en Revit desde la biblioteca. Fuente: Elaboración Propia.

El siguiente paso sería buscar la familia dentro de la biblioteca, en este caso la zapata se encuentra ubicada en la carpeta **Cimentación estructural**, y se abre el archivo **Zapata-Rectangular.rfa**

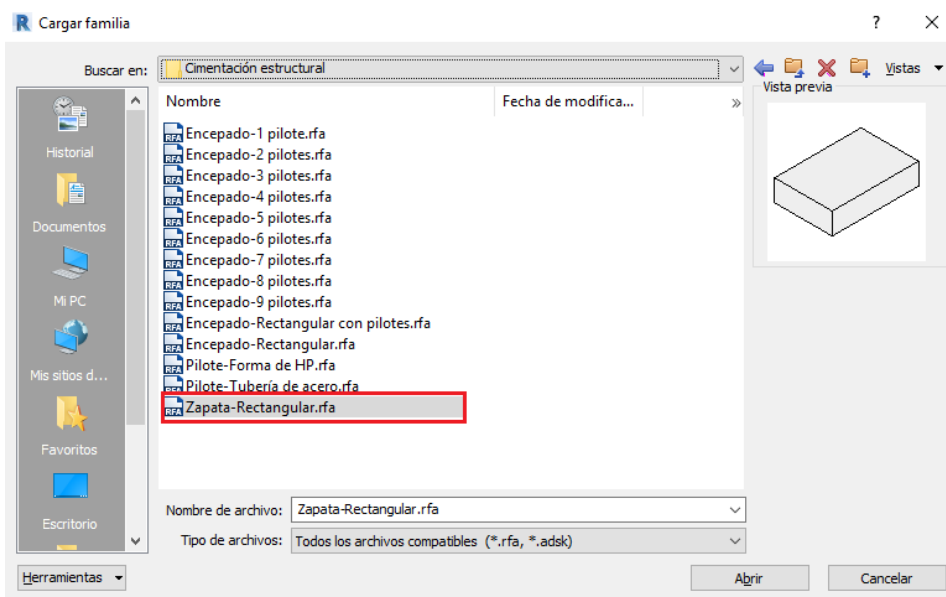


Figura 193. Ubicación de la familia Zapata-Rectangular. Fuente: Elaboración Propia

Una vez que se ha cargado la familia, el siguiente paso a realizar es cambiar las propiedades del tipo a través de la ventana **Propiedades > Editar tipo**, abriéndose la ventana de propiedades como se puede observar en la **Figura 194**.

En dicha ventana se crea el nuevo tipo con la pestaña **Duplicar...** en donde se le introduce el nombre de 1950x1950x1300 mm.

El último paso es cambiar las dimensiones que caracterizan al nuevo tipo que se está creando a través de los parámetros que se encuentran dentro de la pestaña **Cotas**.

Propiedades de tipo

Familia: Zapata-Rectangular Cargar...

Tipo: 1950 x 1950 x 1300mm Duplicar... Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor
Cotas	
Anchura	1.9500
Longitud	1.9500
Grosor de cimentación	1.3000
Datos de identidad	
Código de montaje	A1010100
Imagen de tipo	
Nota clave	
Modelo	
Fabricante	
Comentarios de tipo	
URL	
Descripción	
Costo	
Descripción de montaje	Footings & Pile Caps
Marca de tipo	

Figura 194. Propiedades de tipo de la familia Zapata-Rectangular. Fuente: Elaboración Propia.

A3.2.4 Vigas riostras entre zapatas

La idea de las vigas riostras entre zapatas es que son hormigonadas in situ y no tienen unas medidas normalizadas. Por tanto, se ha decidido realizarlas con la orden **Estructura > Vigas**, que introduce vigas con longitudes determinadas por la distancia entre los dos puntos que sean seleccionado. Por defecto, está cargada la familia de viga de hormigón rectangular con una serie de dimensiones de sección. Por tanto, lo único que se ha tenido que hacer es seleccionar **Editar tipo** e introducirle el nombre y las dimensiones adecuadas para este caso.

Es importante resaltar que se trata de una familia de sistema, ya que se trata de un elemento predefinido en Revit que únicamente se han cambiado los valores de los parámetros de tipo, como se puede observar en la **Figura 195**.

Propiedades de tipo

Familia: Hormigón-Viga rectangular Cargar...

Tipo: 400 x 400 mm Duplicar... Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor
Estructura	
Forma de sección	Sin definir
Cotas	
b	0.4000
h	0.4000
Datos de identidad	
Clave de nombre de sección	
Código de montaje	
Nota clave	
Modelo	
Fabricante	
Comentarios de tipo	
URL	

Figura 195. Propiedades de tipo para las vigas riostras entre zapatas. Fuente: Elaboración Propia.

A3.2.5 Capa de encachado

Por defecto, en Revit existe una familia de sistema para las losas de cimentación. Por tanto, en este caso lo único que se ha tenido que realizar ha sido el cambio de las propiedades de tipo para crear un nuevo tipo para la capa de encachado drenante.

La creación de Capa de Encachado se ha realizado a través de **Estructura > Losa > Cimentación estructural: losa**, como se puede observar en la **Figura 196**.

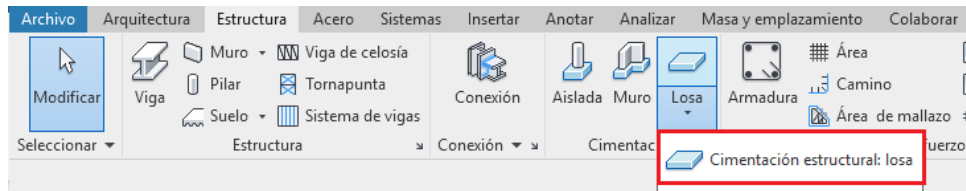


Figura 196. Ruta para la creación de la Losa de Cimentación estructural. Fuente: Elaboración Propia.

Con el tipo que viene por defecto seleccionado, se selecciona **Editar tipo** y aparece el menú **Propiedades de tipo**, como se puede observar en la **Figura 197**. La modificación del tipo se realiza seleccionando **Duplicar...** e introduciendo el nombre deseado.

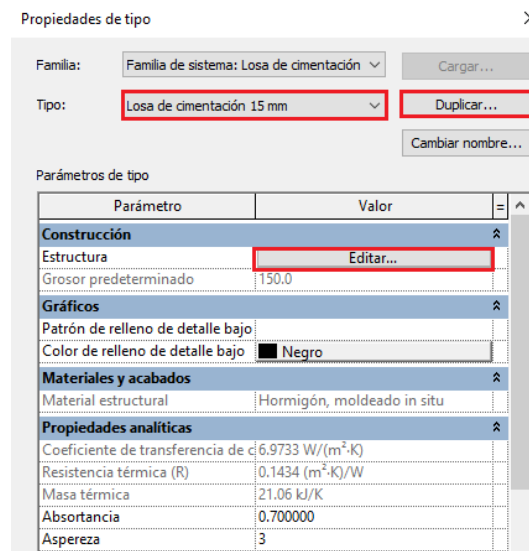


Figura 197. Creación de un nuevo tipo de Losa de Cimentación. Fuente: Elaboración Propia.

El último paso sería seleccionar **Editar...** de la pestaña **Construcción** y cambiar el material y el espesor que vienen por defecto. En este caso, los datos que se han introducido son Piedra de campo y un espesor de 30 cm como se exponen en la **Figura 198**.

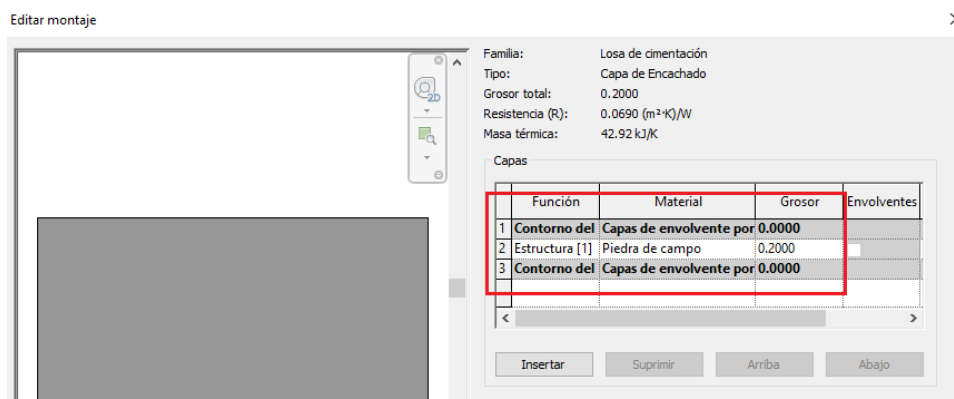
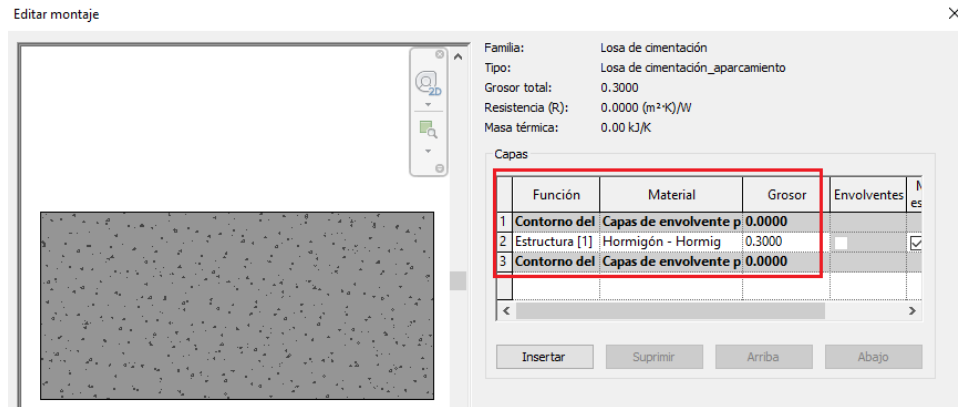


Figura 198. Modificación de las capas para crear Capa de Encachado. Fuente: Elaboración Propia.

A3.2.6 Losa de cimentación

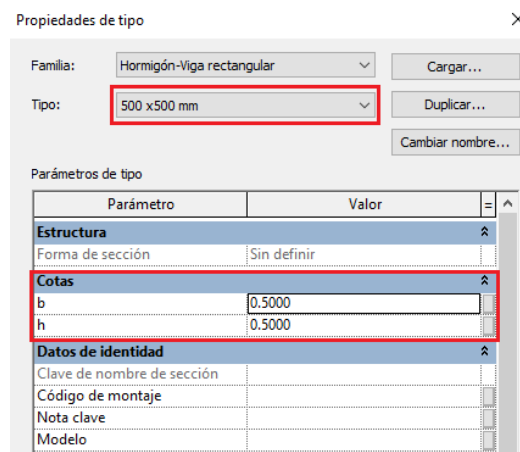
El proceso de modelado ha sido exactamente el mismo que en el caso anterior, siendo este tipo de la familia Losa de Cimentación caracterizado con un espesor de 30 cm y un material como el hormigón, como se expone en la **Figura 199**.



A3.2.7 Viga Perimetral

Estas vigas se van a construir con hormigón in situ por lo que no tienen unas medidas normalizadas al igual que ocurre con las vigas riostras entre zapatas. Por tanto, el proceso de modelado ha sido igual que las vigas riostras, es decir, modificando el tipo de la familia de sistema de viga de hormigón rectangular que tiene por defecto Revit.

Concretamente, se han creado dos tipos nuevos, uno para las vigas perimetrales de las zonas laterales que tienen unas dimensiones de 50x50 cm, **Figura 200**, y otro para las vigas perimetrales que pertenecen a las zonas de los extremos con unas dimensiones de 50x120 cm, **Figura 201**.



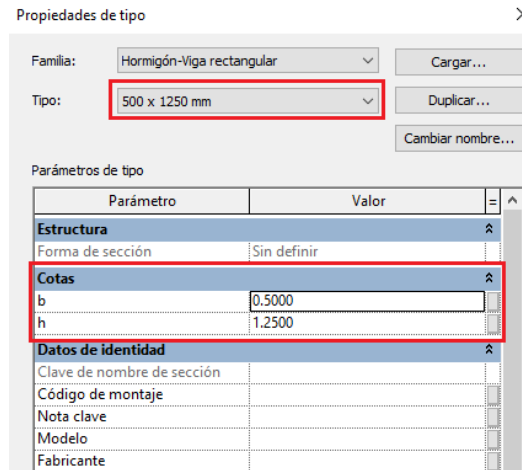


Figura 201. Propiedades de tipo para la viga perimetral de 50x120 cm. Fuente: Elaboración Propia.

A3.2.8 Viga de Coronación

Estas vigas también se van a construir con hormigón in situ a lo largo de toda la cabecera del muro pantalla. Las vigas con la sección en L no vienen definidas por defecto y hay que cargarlas, al igual que se hizo con las zapatas, a través de **Insertar > Cargar desde biblioteca > Cargar Familia > Armazón estructural > Hormigón prefabricado**, seleccionando la viga en L como se observa en la **Figura 202**.

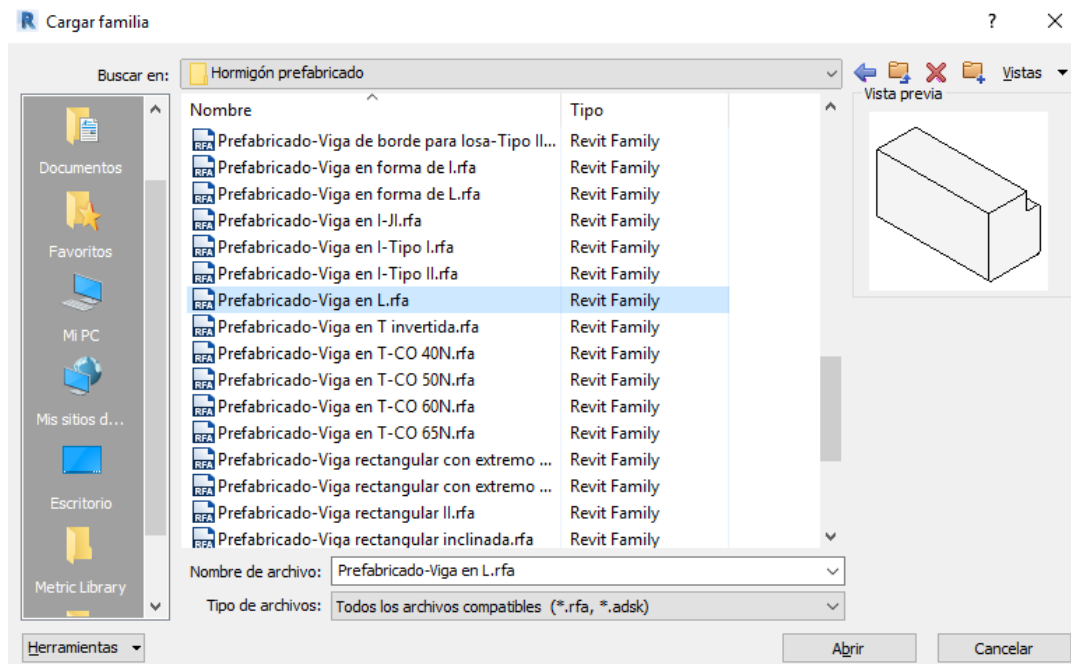


Figura 202. Ubicación de la familia Viga en L. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez que se ha cargado la familia, a priori, el siguiente paso a realizar es cambiar las propiedades del tipo a través de la ventana **Propiedades > Editar tipo**, abriéndose la ventana de propiedades. Sin embargo, no es posible crear el tipo que se está buscando debido a que tienen parámetros con fórmula bloqueados, como se observa en la **Figura 203**. Para solucionar este problema hay que posicionarse en el **Editor de familias** y abrir la pestaña de **Tipos de familia** y desbloquear todos los parámetros, como se puede observar en la **Figura 204**.

Tipos de familia

Nombre de tipo: **Viga de Coronación**

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula	Bloquear
Materiales y acabados			
Material estructural (por def)	Hormigón - Hormigón pr	=	
Cotas			
D	850.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
C	450.0	= A - 150 mm	<input checked="" type="checkbox"/>
B	1050.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
A	600.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Longitud (por defecto)	1500.0	=	<input type="checkbox"/>
Datos de identidad			

Figura 203. Parámetros bloqueados de la familia viga en L. Fuente: Elaboración Propia.

Tipos de familia

Nombre de tipo: **Viga de Coronación**

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula	Bloquear
Materiales y acabados			
Material estructural (por d)	Hormigón - Hormigón	=	
Cotas			
D	850.0	=	<input type="checkbox"/>
C	250.0	=	<input type="checkbox"/>
B	1050.0	=	<input type="checkbox"/>
A	600.0	=	<input type="checkbox"/>
E=35 (por defecto)	450.0	=	<input type="checkbox"/>
Longitud (por defecto)	1500.0	=	<input type="checkbox"/>
Datos de identidad			
Código de montaje		=	
Imagen de tipo		=	

Figura 204. Desbloqueo de parámetros de la familia viga en L. Fuente: Elaboración Propia.

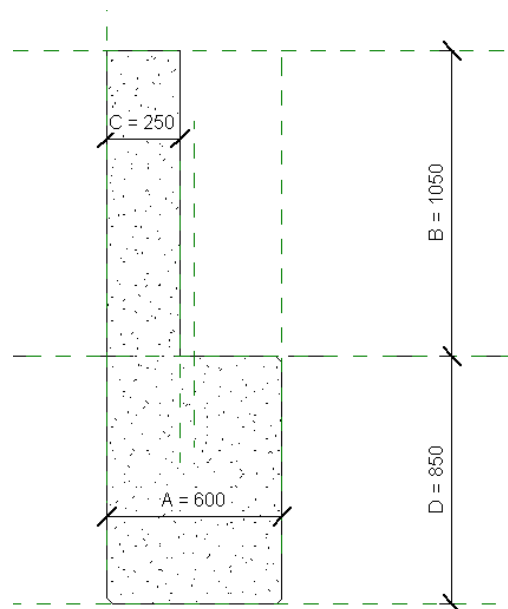


Figura 205. Identificación de los parámetros de la viga en L. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez desbloqueados los parámetros, se pueden crear los nuevos tipos de la familia. En este caso, se ha creado el tipo de **Viga de Coronación** para las zonas laterales del aparcamiento y el tipo de **Viga de Coronación_extremos** con las dimensiones que se muestran en la **Figura 206**.

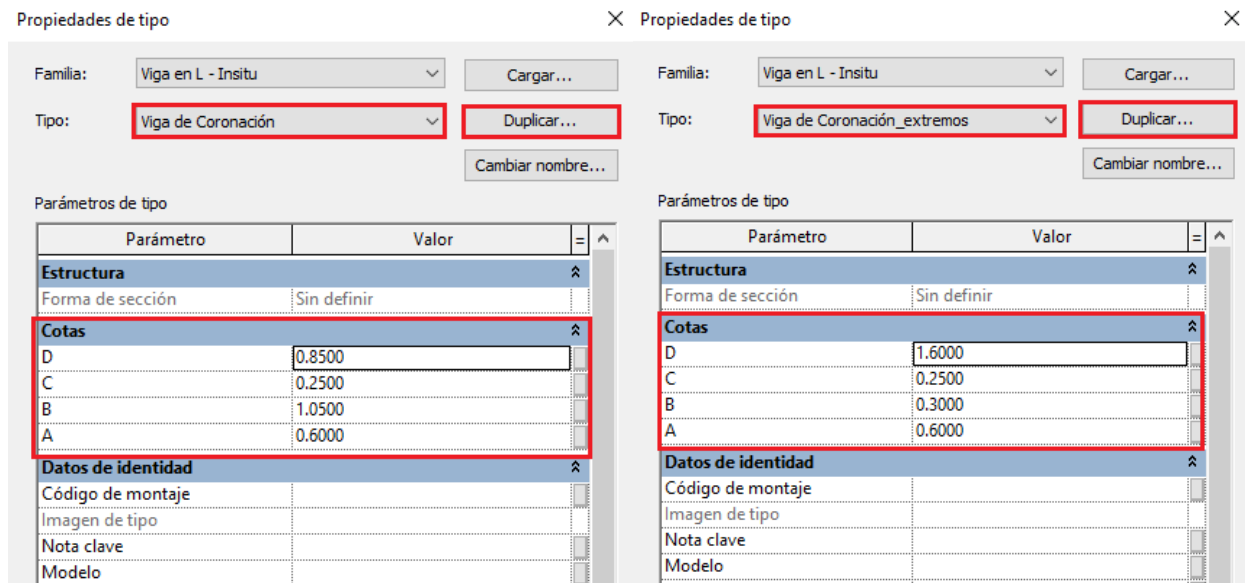


Figura 206. Dimensiones de los tipos de la familia de viga en L. Fuente: Elaboración Propia.

A3.2.9 Emparrillado

Existen algunas zonas donde no es posible la colocación de pilares porque entorpecen el paso de vehículos en el interior del aparcamiento. Por lo tanto, en el proyecto de referencia se definieron estructuras de tipo emparrillado para solventar ese problema.

En el proyecto de Revit se han creado las siguientes familias de tipo emparrillado:

- **TFG_AMR_Emparrillado_P-1**

Este tipo de estructuras tienen una geometría más complicada por lo que se ha decidido al aislamiento del pórtico tipo emparrillado del archivo de AutoCAD “6_14Secciones_PórticoEmparrillado” y trasladado al origen, como se puede observar en la **Figura 207**, para luego ser importado en el Editor de Familias de Revit para que sirva como base de dibujo de la extrusión de 1,2 m correspondiente al canto del pórtico.

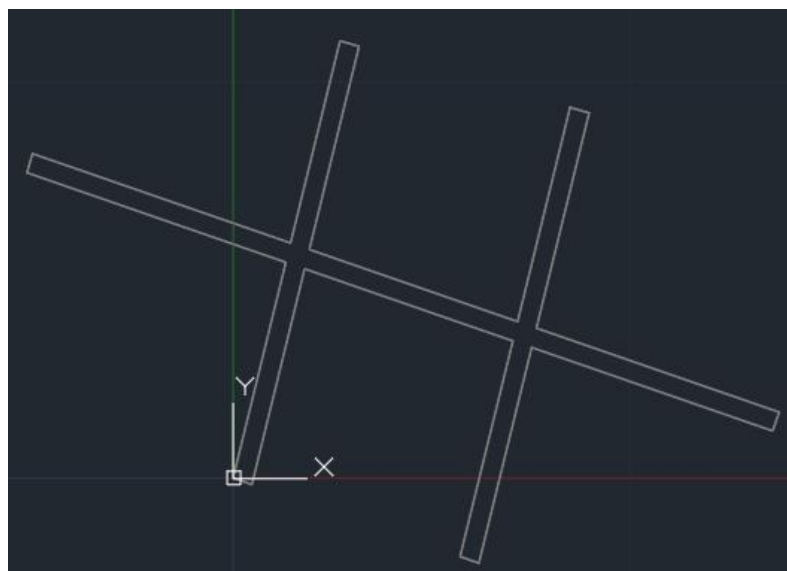


Figura 207. Pórtico tipo emparrillado en AutoCAD. Fuente: Elaboración Propia.

En un principio se pretendía modelar la familia de emparrillado con las medidas exactas que se habían definido en proyecto. Sin embargo, se observó que no concordaban las distancias con los apoyos de los pilares que reciben a este y, mucho menos, cuando se decidió desplazar la posición del pórtico P15 debido a que no se conseguía un correcto apoyo en la viga de perimetral.

Por tanto, las medidas de la familia que se ha modelado y se ha incluido en el proyecto de Revit son las siguientes:

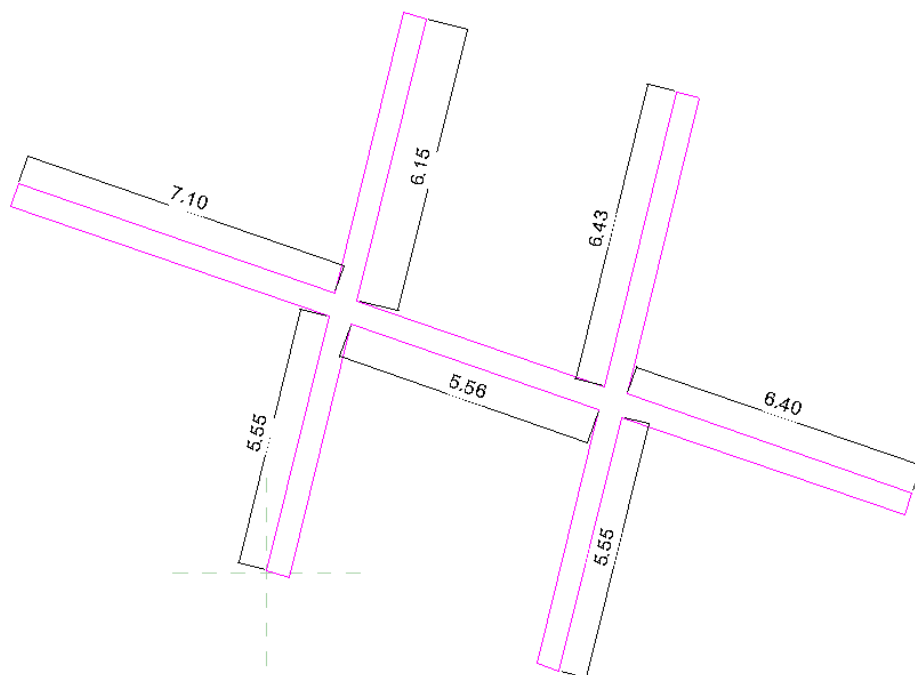


Figura 208. Extrusión de la geometría del pórtico Emparrillado_P-1. Fuente: Elaboración Propia.

- **TFG_AMR_Emparrillado_P-2**

En este caso se sigue exactamente el mismo procedimiento que en el caso anterior con el único cambio de que la extrusión es de 1 m en lugar de 1,2m. También se ha decidido adaptar las dimensiones a la realidad del modelo completo, partiendo como base de las dimensiones proporcionadas por el archivo de AutoCAD “6_14Secciones_PórticoEmparrillado” El resultado final de la sección a extruir se muestra a continuación:

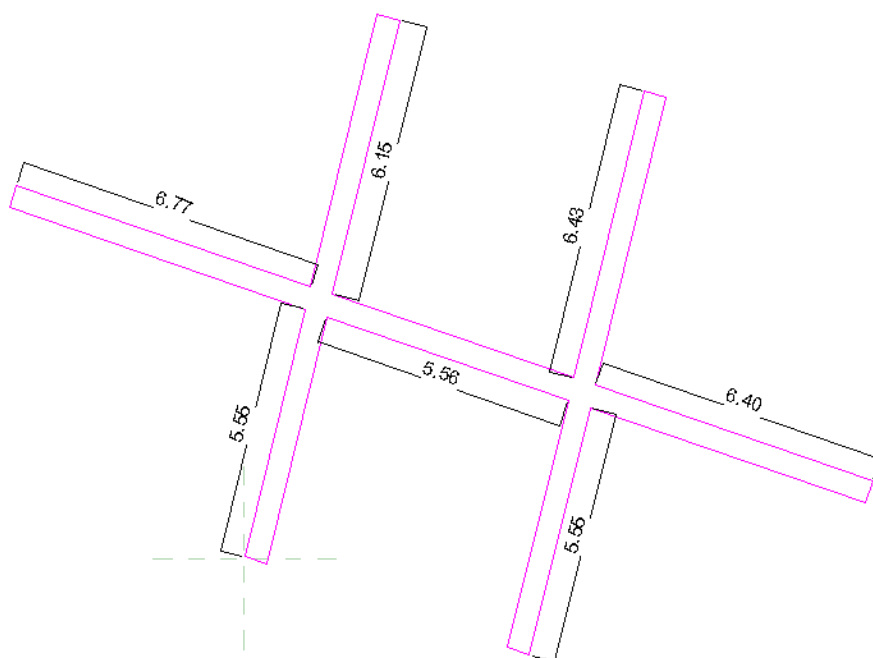


Figura 209. Extrusión de la geometría del pórtico Emparrillado_P-2. Fuente: Elaboración Propia.

A3.2.10 Vigas para pórticos

En este caso se quiere que las vigas sean prefabricadas, por lo que van a tener longitudes fijas para intentar encargar a la fábrica el menor número de tipos. Por tanto, se ha decidido realizar una familia para cada longitud de viga.

El proceso de modelado comienza con la apertura del **Editor de familias** con una plantilla de **Modelo genérico métrico**. Una vez abierta la plantilla se crea una extrusión en la vista de Alzados-Frontal con la geometría de la sección que caracteriza a todas las vigas, **Figura 210**, y se extruye con una profundidad que varía en función de la longitud de cada una de las vigas.

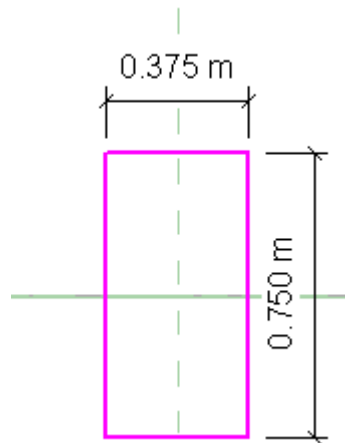


Figura 210. Extrusión de la geometría de las vigas que forman los pórticos. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez realizada la extrusión, el proceso de modelado termina definiendo que la categoría a la que va a pertenecer la familia es **Armazón estructural**, del mismo modo que se ha realizado en casos anteriores, y que el material se va a dejar por defecto debido a que tiene un aspecto final como el deseado.

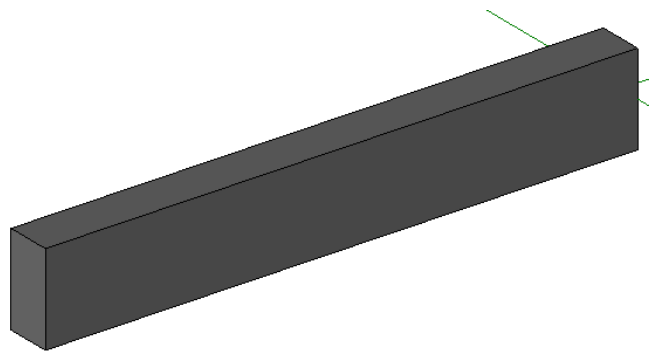


Figura 211. Aspecto final de la viga rectangular para los pórticos. Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se exponen todas las familias de vigas que se han creado para introducirlas en el modelo con la posición y orientación deseada:

- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x2,3
- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x4,9
- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x5,1
- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x5,3
- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x5,4
- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x5,5
- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x5,6
- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x5,97

- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x6,8
- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x6,71
- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x7,3
- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x7,09
- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x7
- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x5,1_larga
- TFG_AMR_Viga_Prefabricada 0,75x0,375x6,5

A3.2.11 Placas Alveolares

El objetivo de la creación de estas familias es conseguir placas de 9 alveolos y con dimensiones de 120x25 cm de anchura y espesor respectivamente, según los cálculos realizados en el proyecto de referencia. La longitud depende de la luz que tenga salvar cada una de ellas, no siendo superior de 9 m. En la **Figura 212** se muestran las propiedades de las placas alveolares definidas en proyecto.

En la biblioteca de Revit vienen por defecto placas alveolares de diferentes espesores, pero con 7 alveolos, así que van a tener que crearse las familias a partir de estas.

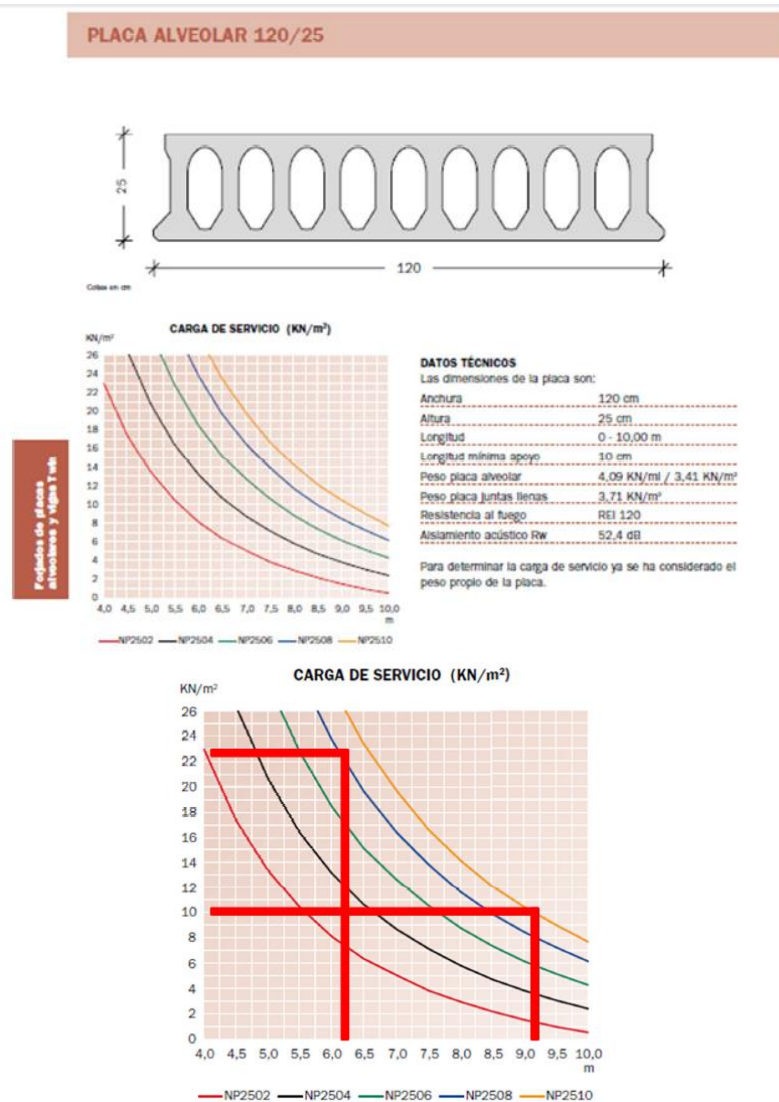


Figura 212.Propiedades de las placas alveolares definidas en proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

El proceso de modelado empieza abriendo el **Editor de familias**, escogiendo la opción de plantilla de **Modelo genérico métrico**, ya que se trata de la plantilla más básica y la más flexible para el modelado.

El siguiente paso es cargar la familia de placa alveolar de 25 cm de espesor a través de **Insertar > Cargar desde biblioteca > Cargar familia > Armazón estructural > Hormigón prefabricado**, como se observa en la **Figura 213**.

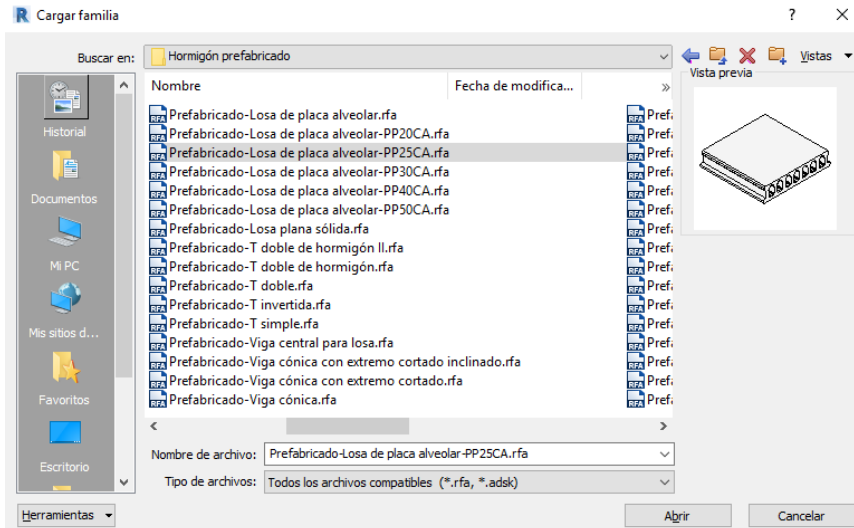


Figura 213. Ubicación de la familia de Losa de placa alveolar-PP25CA. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez cargada en el editor de familia se escoge la placa alveolar de 120 cm de anchura a través del **Navegador de Proyectos > Familias > Armazón estructural > Prefabricado-Losa de placa alveolar-PP25CA > PP25CA W120**.

Antes de introducirla para modificar la longitud hay que crear un ejemplar nuevo de 9 alveolos, pulsando botón derecho > Crear ejemplar PP25CA W120 seleccionado. Para cambiar el número de alveolos hay que dar la opción de Editar tipo, se duplica el Tipo y se cambia el valor del número de alveolos a 9 en lugar de 7.

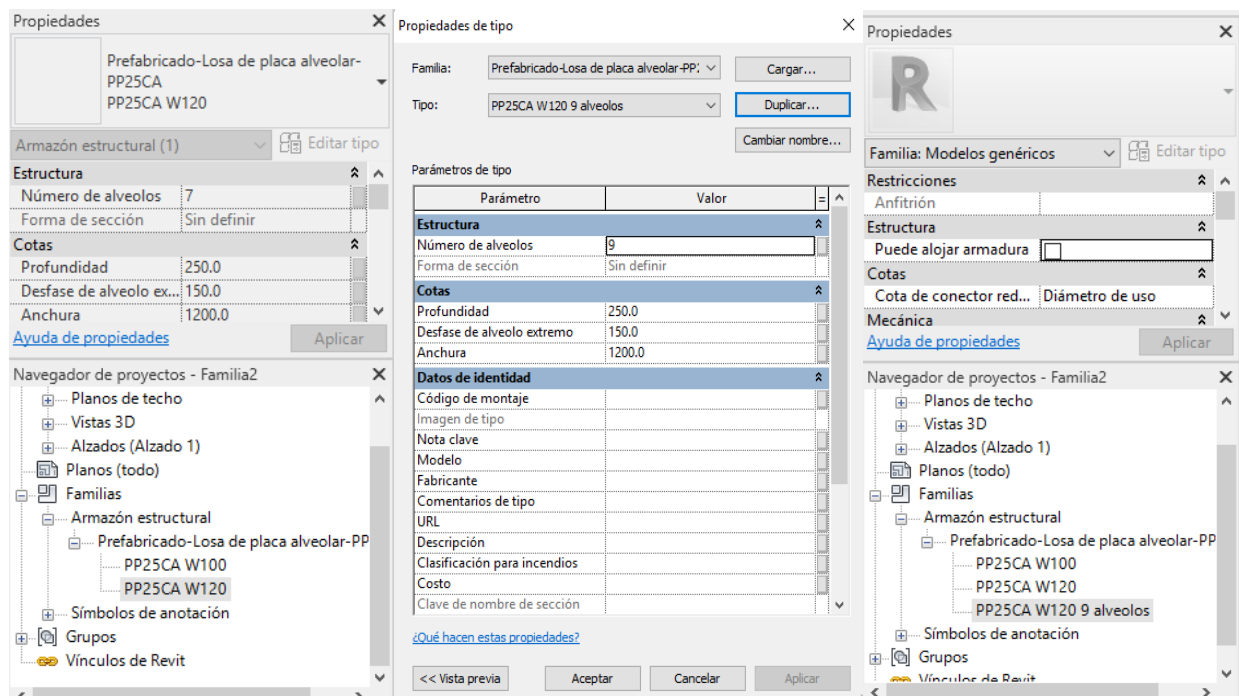



Figura 214. Proceso de creación el ejemplar de 9 alveolos. Fuente: Elaboración Propia.

El siguiente paso es arrastrar ese tipo que se ha creado a la pantalla de edición de familia e ir cambiando la longitud y las propiedades.

Las propiedades que se le incluye es que pertenezca a la categoría Armazón estructural a través del símbolo de Parámetros y categoría de familia , como se observa en la **Figura 215**, que el material sea Hormigón prefabricado de 35 MPa.

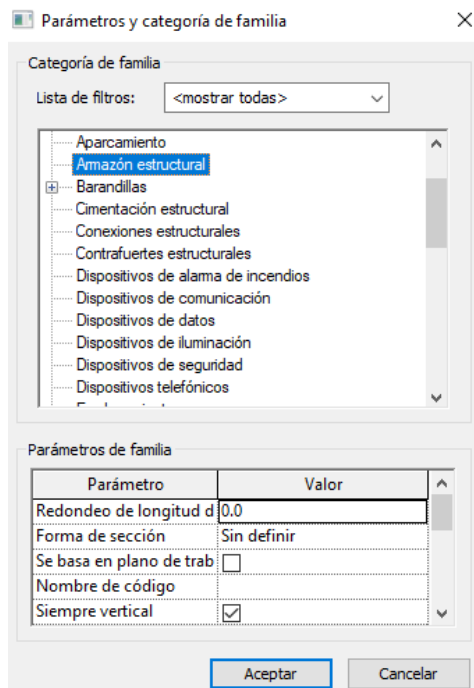


Figura 215. Menú desplegable para definir la categoría a la que pertenece la familia. Fuente: Elaboración Propia.

El proceso acaba guardando una nueva familia para cada una de las longitudes de las placas alveolares que van a componer el forjado de la estructura. Las familias de placas alveolares que se han creado son las siguientes:

- TFG_AMR_Placa_Alveolar_2,85m
- TFG_AMR_Placa_Alveolar_5,3m
- TFG_AMR_Placa_Alveolar_5,87m
- TFG_AMR_Placa_Alveolar_6,3m
- TFG_AMR_Placa_Alveolar_7m
- TFG_AMR_Placa_Alveolar_7,1m
- TFG_AMR_Placa_Alveolar_7,15m
- TFG_AMR_Placa_Alveolar_7,2m
- TFG_AMR_Placa_Alveolar_7,25m
- TFG_AMR_Placa_Alveolar_8,1
- TFG_AMR_Placa_Alveolar_8,87m

Una vez creada cada una de ellas, se cargan en el proyecto con la posición, orientación y nivel deseados.

A3.2.12 Capa de compresión

La capa de compresión se ha creado a partir de la edición de uno de los tipos de suelos que vienen por defecto en Revit. Para ello hay que seleccionar en **Editar tipo** y duplicarlo para cambiarle el nombre. El espesor se introduce en **Editar...** de la pestaña **Construcción**, apareciendo un menú como el que se puede observar en la **Figura 216**.



Figura 216. Modificación de las capas del tipo “Capa de Compactación de 5 cm”. Fuente: Elaboración Propia.

A3.2.13 Escaleras

La familia Escalera se trata de una familia de sistema por lo que lo único que hay que hacer es crear un nuevo tipo cambiando la altura máxima de contrahuella, la profundidad de huella mínima y la anchura mínima de tramo.

El método utilizado para la creación de la escalera ha sido por sucesión de tramos, en los cuales el descansillo se genera automáticamente.

Para realizar una escalera lo primero que hay que hacer es seleccionar la pestaña a través de **Arquitectura > Circulación > Escalera**, en el que se escoge la opción de realizar tramos rectos, tal y como se recoge en la **Figura 217**.

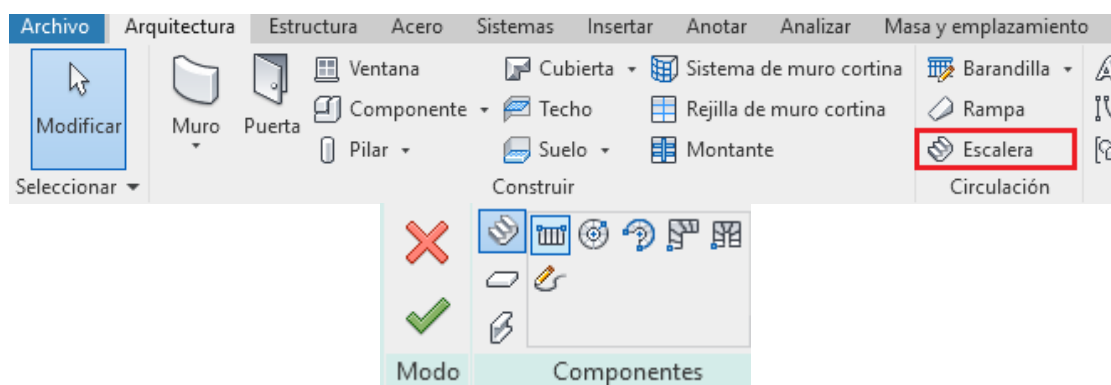


Figura 217. Ubicación de la pestaña Escalera. Fuente: Elaboración Propia

Como se ha comentado, se va a crear un nuevo tipo de escalera con las dimensiones deseadas. Para ello, se escoge la **Escalera moldeada in situ** y se le editan las propiedades seleccionando **Editar tipo**, en donde se va a duplicar el tipo, cambiar las dimensiones y sobrescribir el nombre por el de **Losa de hormigón - C=20 cm H=25cm**.

Es importante gestionar los parámetros que aparecen en la ventana de propiedades del ejemplar, en el que se controla, el tipo de escalera que se utiliza, el nivel en el que arranca la escalera y el nivel en el que tiene que desembarcar, el número de contrahuellas y la profundidad real de estas. En concreto, para el caso de estudio, el nivel de base es N9_Suelo_Planta-2 y el nivel superior es el de la Calzada, con un desfase de altura inexistente en ambos casos, como puede observarse en la **Figura 218**.

Propiedades

Escalera moldeada in situ
Losa de hormigón - C=20cm H=25cm

Escalera Edita tipo

Restricciones

Nivel base	N9_Suelo_Planta-2
Desfase de base	0.0000
Nivel superior	Calzada
Desfase superior	0.0000
Altura de escalera dese...	8.7000

Estructura

Recubrimiento de arm...	Revestimiento de arma...
-------------------------	--------------------------

Cotas

Número de contrahuel...	44
Número de contrahuel...	1
Altura de contrahuella ...	0.1977
Profundidad de huella ...	0.2500
Número de inicio de h...	1

Datos de identidad

Imagen	
Comentarios	
Marca	

Proceso por fases

Fase de creación	Nueva construcción
Fase de derribo	Ninguno

Figura 218. Propiedades de ejemplar de la escalera de hormigón moldeada in situ. Fuente: Elaboración Propia.

El último paso consiste en dibujar el tramo con la longitud deseada para cada uno ellos, siempre intentando conseguir hacer las diferentes modificaciones para que cuadren el número de contrahuellas.

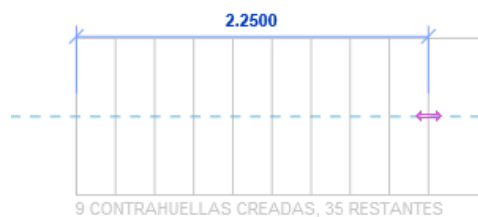


Figura 219. Ejecución de un tramo de escaleras. Fuente: Elaboración Propia.

A3.2.14 Rampas

Las rampas de acceso de vehículo se han realizado mediante suelos inclinados y vigas prefabricadas colocadas en la cara inferior de la losa que forma parte de la rampa.

Las vigas se han modelado desde el editor de familia mediante la extrusión de una sección de 0,30x0,15 cm a lo largo de 100 cm de profundidad y siguiendo el mismo procedimiento que en el caso de las vigas para pórticos. Sin embargo, en esta ocasión la sección tiene una orientación previa para facilitar la colocación en la cara inferior del suelo que simula la losa de la rampa. La familia que se ha creado recibe el nombre de **TFG_AMR_Viga_Rampa_Prefabricada_0,30x0,15** y sus dimensiones se muestran en la **Figura 220**.

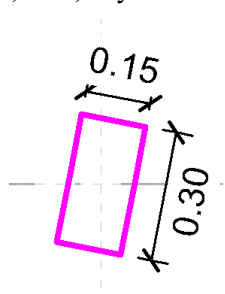


Figura 220. Extrusión de la geometría de la Viga_Rampa_Prefabricada_0,30x0,15. Fuente: Elaboración Propia.

La losa de cimentación se ha modelado con la creación de un suelo al que se le ha dado una inclinación de pendiente. En primer lugar, para su realización, es importante hacer un replanteo mediante líneas de detalle para marcar los puntos por los que va a ir el contorno.

Una vez que se sabe dónde se va a colocar el suelo inclinado y las dimensiones que va a tener, el siguiente paso es activar la herramienta de suelos y crear un nuevo tipo de suelo con el nombre de **Losa 30 cm para rampa**, cuya composición va a ser una capa de hormigón de 30 cm de espesor, tal y como se observa en la *Figura 221*.

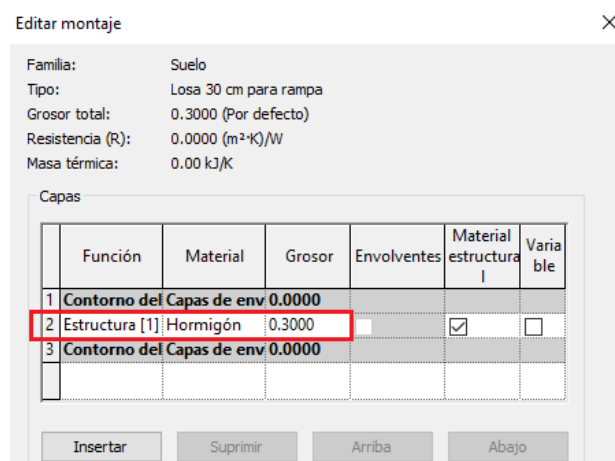


Figura 221. Modificación de las capas del tipo “Losa 30 cm para rampa”. Fuente: Elaboración Propia.

El dibujado del contorno del suelo en planta se realiza con las herramientas que aparecen en el editor de suelos, concretamente la **Línea de contorno**, que puede ser dibujada con la composición de diferentes geometrías o líneas, como se puede observar en la *Figura 222*.

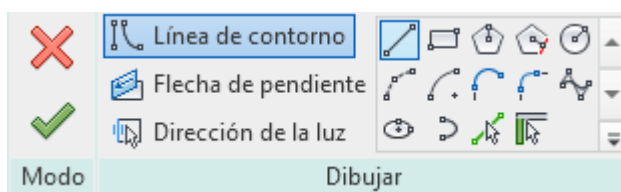


Figura 222. Herramientas de dibujo para suelos. Fuente: Elaboración Propia.

Por último, seleccionando la orden **Flecha de pendiente**, se puede dibujar la flecha dirección del suelo, en cuyas propiedades se pueden modificar el nivel del extremo de inicio y el nivel del extremo o el grado de inclinación de la pendiente.

A3.2.15 Movimiento de tierras

El volumen de las masas que representan los movimientos de tierras que hay que realizar para la ejecución final de la infraestructura nodal, se ha modelado mediante masas in situ. Este tipo de masas son familias que se crean dentro del mismo modelo y que se guardan exclusivamente para este proyecto. Suele tener las mismas herramientas de modelado que el Editor de familias.

Las masas in situ se crean a través de **Arquitectura > Componente > Modelar in situ**, donde aparece un menú desplegable **Parámetros y categoría de familias** para seleccionar la categoría a la que pertenece la familia de masa y se escribe un nombre. En el caso de estudio se seleccionó la categoría **Topografía**, como se observa en la *Figura 223*.

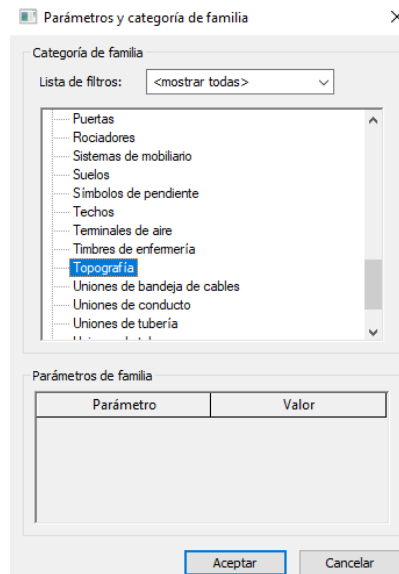


Figura 223. Categoría de las masas de movimiento de tierras. Fuente: Elaboración Propia.

En total se han creado todas las masas que aparecen en la **Figura 224. Masas creadas para la simulación del Movimiento de Tierras. Fuente: Elaboración Propia.Figura 224.**



Figura 224. Masas creadas para la simulación del Movimiento de Tierras. Fuente: Elaboración Propia.

Para crear cada una de las masas se han utilizado las diferentes herramientas de forma que ofrece el **Editor in situ**, **Figura 225**. La gran mayoría se han creado a través de la combinación de extrusiones llenas y vacías, previamente dibujada en planta, de la geometría que ocupa la masa. El resto se ha creado a base de fundidos como el relleno desde la cubierta del aparcamiento subterráneo hasta la base de los suelos que forman la urbanización y como el vaciado de la fase 1 que la excavación es ataludada.

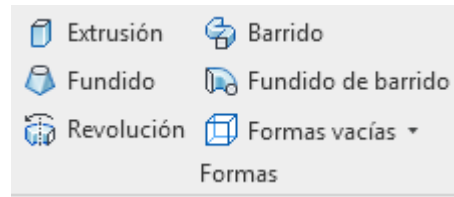


Figura 225. Herramientas de modelado del Editor in situ. Fuente: Elaboración Propia.

La herramienta de extrusión ya ha sido comentada en la mayoría de las familias creadas anteriormente, aunque hay que puntualizar que se ha aplicado en alguna ocasión una extrusión en vacío, herramienta no mencionada anteriormente, que permite eliminar partes de una masa previamente modelada.

La herramienta de fundido es muy útil para modelar elementos que tienen la cara superior e inferior diferente como ocurre en la fase 1 de vaciado de la **Figura 226**. Para ello, el programa necesita la representación en planta de la geometría de las base superior e inferior y una distancia entre ellas para realizar el fundido.

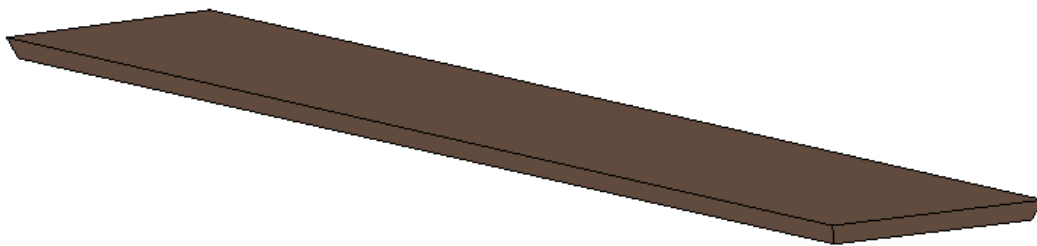


Figura 226. Vaciado Fase 1 de la Zona Portugal. Fuente: Elaboración Propia.

A3.2.16 Urbanización

La urbanización se ha modelado tomando como referencia el archivo DWG del plano de planta de la cartografía titulado “Cartografía_Original_TodasCapas” proporcionado por el autor del proyecto. Dicho archivo ha sido vinculado con el modelo de Revit para usarlo como plantilla. Además, se ha visitado la ubicación del futuro aparcamiento subterráneo y se ha estudiado su estética por medio de Google Earth para conseguir que la urbanización se asemeje lo máximo posible a la situación actual. Para la nueva obra de urbanización se han seguido las especificaciones recogidas en el Plano 3 “Planta Superficie – Urbanización” en las hojas de la 1 a la 8 inclusive.

Es importante comentar que en este caso no es una familia, sino que se ha utilizado la familia de sistema de suelo y se han ido creando nuevos tipos de suelo.

A3.2.16.1 Acerado

Para el acerado se han creados dos tipos con diferente espesor, ya que dependiendo de una zona se sitúa a un desfase u otro del nivel Calzada, que es el nivel de referencia para todos los elementos que componen esta fase de urbanización.

El primer tipo corresponde al acerado normal que se recoge en el Plano 8 Hoja 1 “Detalles Constructivos. Detalle Pavimentación” y está situado 15 cm del nivel Calzada. La composición de las capas que se han utilizado para la creación de este tipo de suelo se muestra en la **Figura 227**, en la que se puede observar que el espesor total es de 50 cm.

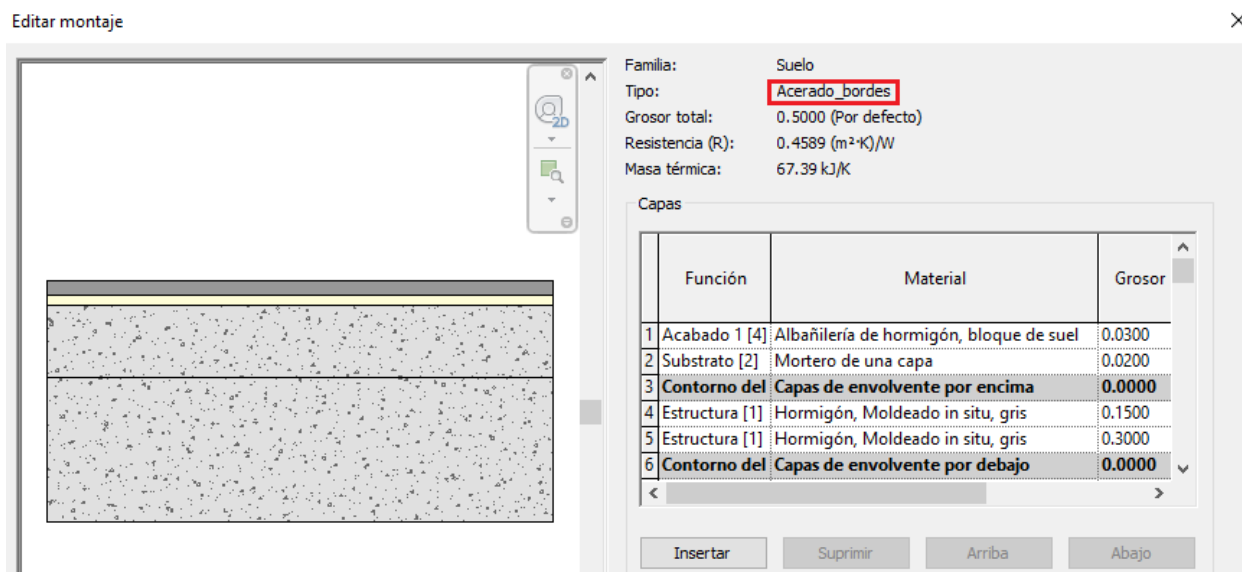


Figura 227. Composición de las capas para el suelo del acerado. Fuente: Elaboración Propia.

El segundo tipo corresponde a las zonas de acerado interiores que están delimitadas por zonas verdes que tiene un espesor de 35 cm y están situados en el nivel Calzada sin ningún desfase. La composición de cada una de las capas que forman este tipo de suelo se recoge en la **Figura 228**.

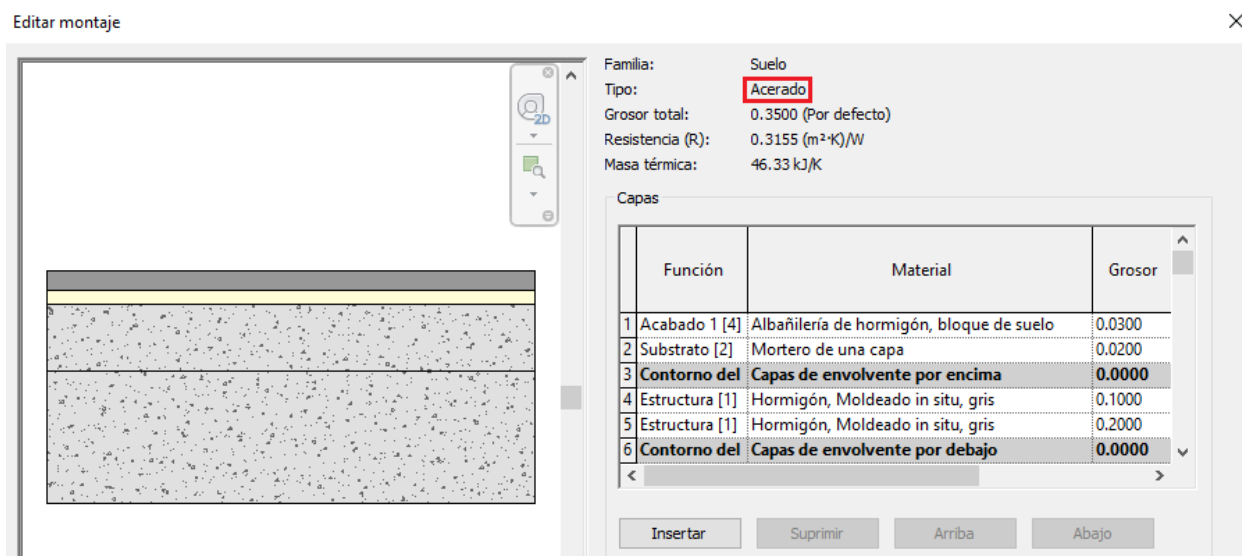


Figura 228. Composición de las capas para el suelo del acerado de las zonas interiores. Fuente: Elaboración Propia.

También se han creado tipos para los suelos que representan al carril bici, a la entrada de vehículos en el pabellón de Portugal y la zona de acceso a los pasos de peatones. La composición de las capas que forman cada uno de los suelos se muestra en la **Figura 229**, **Figura 230** y **Figura 231**.

Editar montaje

Familia: Suelo
 Tipo: **Carril Bici**
 Grosor total: 0.3500 (Por defecto)
 Resistencia (R): 0.3118 (m²·K)/W
 Masa térmica: 53.01 kJ/K

Capas

	Función	Material	Grosor	Envolturas	Mi. es
1	Acabado 1 [4]	Rodadura Carril bici	0.0300	<input type="checkbox"/>	
2	Substrato [2]	Mortero de una capa	0.0200	<input type="checkbox"/>	
3	Contorno del	Capas de envoltente po	0.0000	<input type="checkbox"/>	
4	Estructura [1]	Hormigón, Moldeado	0.1000	<input type="checkbox"/>	
5	Estructura [1]	Hormigón, Moldeado	0.2000	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Contorno del	Capas de envoltente po	0.0000	<input type="checkbox"/>	

Insertar Suprimir Arriba Abajo

Figura 229. Composición de las capas para el suelo del carril bici. Fuente: Elaboración Propia.

Editar montaje

Familia: Suelo
 Tipo: **Entradas**
 Grosor total: 0.5000 (Por defecto)
 Resistencia (R): 0.4672 (m²·K)/W
 Masa térmica: 67.04 kJ/K

Capas

	Función	Material	Grosor	Envolve
1	Acabado 1 [4]	Ladrillo, resistente prensado	0.0300	<input type="checkbox"/>
2	Substrato [2]	Mortero de una capa	0.0200	<input type="checkbox"/>
3	Contorno del	Capas de envoltente por enci	0.0000	<input type="checkbox"/>
4	Estructura [1]	Hormigón, Moldeado in situ,	0.1500	<input type="checkbox"/>
5	Estructura [1]	Hormigón, Moldeado in situ,	0.3000	<input type="checkbox"/>
6	Contorno del	Capas de envoltente por deba	0.0000	<input type="checkbox"/>

Insertar Suprimir Arriba Abajo

Figura 230. Composición de las capas para el suelo de la entrada de vehículos. Fuente: Elaboración Propia.

Editar montaje

Familia: Suelo
 Tipo: **Acceso_Paso_Peatonos**
 Grosor total: 0.3500 (Por defecto)
 Resistencia (R): 0.3424 (m²·K)/W
 Masa térmica: 45.74 kJ/K

Capas

	Función	Material	Grosor	Envol
1	Acabado 1 [4]	Ladrillo, patrón horizontal	0.0300	<input type="checkbox"/>
2	Substrato [2]	Mortero de una capa	0.0200	<input type="checkbox"/>
3	Contorno del n	Capas de envoltente por encima	0.0000	<input type="checkbox"/>
4	Estructura [1]	Hormigón, Moldeado in situ, gri	0.1000	<input type="checkbox"/>
5	Estructura [1]	Hormigón, Moldeado in situ, gri	0.2000	<input type="checkbox"/>
6	Contorno del n	Capas de envoltente por debajo	0.0000	<input type="checkbox"/>

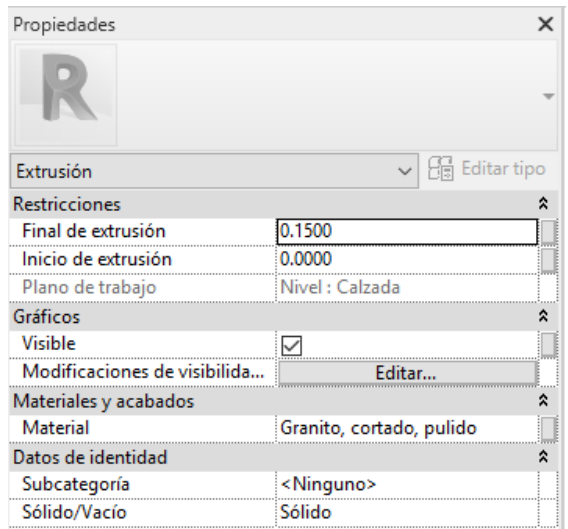
Insertar Suprimir Arriba Abajo

Figura 231. Composición de las capas para el suelo del acceso a paso de peatones. Fuente: Elaboración Propia.

A3.2.16.2 Bordillos

Los bordillos se han modelado con masas in situ dentro de la categoría Emplazamiento, debido a que su inclusión en el modelo pieza a pieza tal y como se realiza en la realidad significa un grado de detalle que no es el que se está buscando. Por tanto, el bordillo se trata de una extrusión de 15 cm de profundidad de la geometría de este en planta, según el archivo que se ha introducido como plantilla.

Las propiedades de la extrusión de los bordillos se recogen en la **Figura 232**, en la que se puede observar que el material, las restricciones de extrusión y el nivel utilizado como plano de trabajo.



Propiedades

Extrusión

Restricciones

Final de extrusión	0.1500
Inicio de extrusión	0.0000
Plano de trabajo	Nivel : Calzada

Gráficos

Visible ☒

Modificaciones de visibilidad... Editar...

Materiales y acabados

Material Granito, cortado, pulido

Datos de identidad

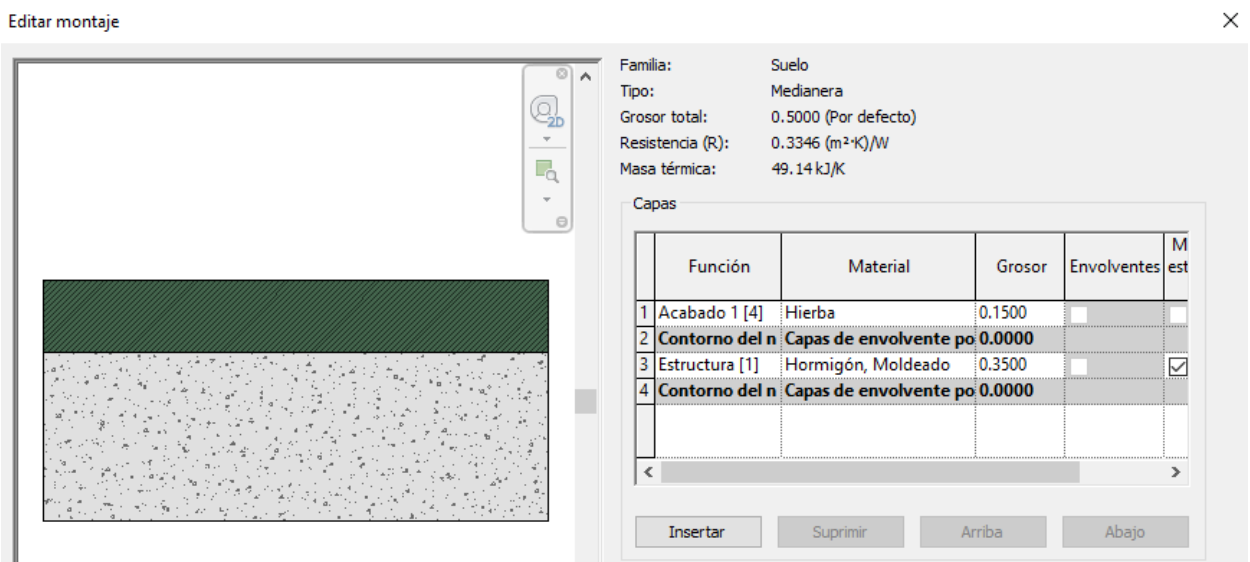
Subcategoría <Ninguno>

Sólido/Vacío Sólido

Figura 232. Propiedades de la extrusión de los bordillos. Fuente: Elaboración Propia.

A3.2.16.3 Zonas verdes

Este tipo de suelo se ha creado para modelar los suelos que corresponden a las zonas verdes. Se ha creado con un espesor de 50 cm y situado en el nivel Calzada con un desfase de 15 cm. La composición de las capas se muestra en la **Figura 233**.



Editar montaje

Familia: Suelo

Tipo: Medianera

Grosor total: 0.5000 (Por defecto)

Resistencia (R): 0.3346 (m²·K)/W

Masa térmica: 49.14 kJ/K

Capas

	Función	Material	Grosor	Envolturas	M est
1	Acabado 1 [4]	Hierba	0.1500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Contorno del n	Capas de envoltura po	0.0000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Estructura [1]	Hormigón, Moldeado	0.3500	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Contorno del n	Capas de envoltura po	0.0000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Insertar Suprimir Arriba Abajo

Figura 233. Composición de las capas para el suelo de las zonas verdes. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez creado el tipo de suelo, lo único que hay que hacer es introducir el suelo mediante la herramienta Suelos de Revit, según la plantilla que se ha insertado.

A3.2.16.4 Firmes

Este tipo de suelo se ha creado en el nivel Calzada sin ningún desfase y la composición de cada una de las capas está representada por la **Figura 234**, según se encuentra recogido en el plano Plano 8 Hoja 1 “Detalles Constructivos. Detalle Pavimentación”.

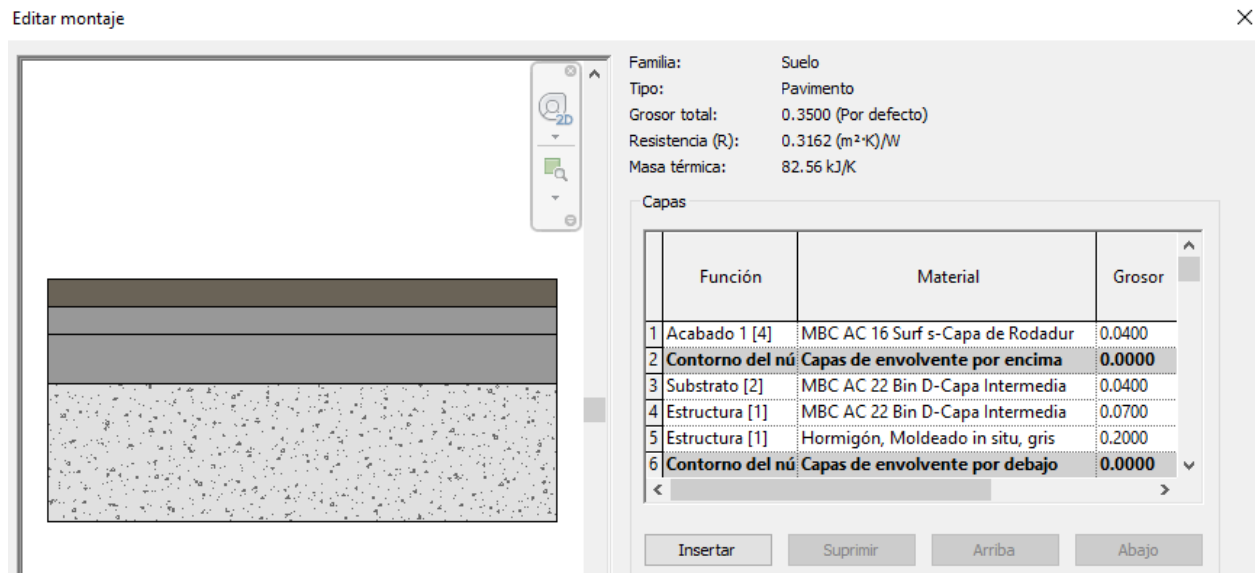


Figura 234. Composición de las capas del suelo para firmes. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez creado el tipo, lo único que hay que hacer es introducir el suelo a través de la herramienta Suelos de Revit, basándose en la plantilla de la cartografía que se ha introducido.

ANEJO 4. RENDIMIENTOS DE LAS U.O. APLICADOS

En el presente anejo se va a realizar una propuesta de rendimiento para cada una de las unidades de obra de la planificación realizada en Synchro PRO con el fin de calcular unas duraciones que represente a la realidad de la obra. Para ello, se realiza la verificación del cálculo de los rendimientos del presupuesto del proyecto CAD y en caso de no conformidad con los procesos constructivos aplicados al proyecto específico que sirve de base a este TFG se ha propuesto su modificación, como si de una oferta técnica por parte de la constructora se tratara.

Tras haber importado el presupuesto que se ha recibido por parte del autor del proyecto se han detectado una serie de rendimientos que no son acordes con los procesos constructivos que se pueden ejecutar por parte de la empresa constructora que va a llevar a cabo la ejecución de la obra.

La metodología general que se ha llevado a cabo ha sido escoger el rendimiento de la maquina más restrictivo de cada una de las partidas que se asemejan a las planificadas y aplicarlos directamente a las unidades de obra del nuevo Plan de Obra. Sin embargo, algunos de estos rendimientos hacen que se calculen duraciones que no se asemejan a la realidad una vez que se han introducido en el programa. Para estas duraciones desmesuradas, la empresa constructora ha mejorado el rendimiento de cada una de estas actividades.

Existe algunos casos en los que una actividad de la planificación está dividida en varias en el presupuesto. Un ejemplo de ello es la tarea “Demolición Firme, Acera y Bordillos” del nuevo plan de Obra., cuyo rendimiento ha tenido que ser calculado como la fusión de las partidas de “Demolición de pavimento de aglomerado asfáltico”, Demolición de solera o pavimento de hormigón” y “Demolición de pavimento de baldosa y/o losetas de hormigón”. Dicha adaptación se ha realizado a través de una media proporcional a la cantidad de material que hay que demoler para cada una de las partidas.

También existen Unidades de Obra de la planificación que no se encuentran recogidas en el presupuesto proyectado y se han creado. El rendimiento de estas ha sido calculado por el equipo de la empresa constructora. Un ejemplo de ello puede ser la tarea “Construcción de la Viga Perimetral”.

En las siguientes páginas se recoge los cálculos realizados para la obtención de los rendimientos definitivos que se van a introducir en el listado de Reglas de Synchro PRO.

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO																		
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)							PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D						MODELO BIM4D					
Código		Net Ud	Resumen	Parcial	CanPres	Pr-Pres	ImpPres	Rendimiento tiempo	Ud	Rendimiento o Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	Unidad de Obra		Medición	Rendimiento Unitario	Ud
01	Caç		Trabajos Previos		1	30.277,87	30.277,87											
E01	Par d		Replanteo Inicial Obra		2,00	748,47	1.496,94	8	h/UO	0,13	UO/h	16,00	h		Día de Replanteo			
			Replanteo de campo, contabilizado por día, incluyendo un ingeniero topógrafo y un ayudante de campo. También se incluye el transporte, GPS y materiales de empleo, como martillo, spay y clavos.															
				2,00														
			E01		2,00	748,47	1.496,94											
E02	Par u		Tala y Desbroce de Zona Ajardinada		1,00	2.821,46	2.821,46								No se ha utilizado			
			Talado de árboles y arbustos, de enre 15 y 30 cm, mediante motosierra y desbroce y limpieza del terreno con arbustos y tocones, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.															
				1,00														
			E02		1,00	2.821,46	2.821,46											
E03	Par u		Retirada de Mobiliario Urbano		1,00	1.320,22	1.320,22								No se ha utilizado			
			Desmontaje de elementos de mobiliario urbano con medios manuales, y recuperación, acopio y montaje del material en el mismo emplazamiento, o bien a vertedero, y carga manual sobre camión o contenedor, incluso p.p. de medios auxiliares.															
				1,00														
			E03		1,00	1.320,22	1.320,22											

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO																		
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)							PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D						MODELO BIM4D					
Código	Net	Ud	Resumen	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres	Rendimiento Tiempo	Ud	Rendimient o Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	Unidad de Obra		Medición	Rendimiento Unitario	Ud
E30	Par m		Vallado provisional de solar con paneles metálicos. Vallado provisional de solar, de 2 m de altura, compuesto por paneles opacos de chapa perfilada nervada de acero S320 GD galvanizado de 0,6 mm espesor y 30 mm altura de cresta y perfiles huecos de sección cuadrada de acero S275JR, de 60x60x1,5 mm, de 2,8 m de longitud, anclados al terreno mediante dados de hormigón HM-20/P/20/I, cada 2,0 m. Amortizables los paneles en 10 usos y los perfiles en 5 usos.		787,74	27,69	21.812,52	0,506	h/m	1,98	m/h	398,60	h	Cajón de Obra			9,90	m/h
				787,74														
			E30		787,74	27,69	21.812,52											
E35	Par u		Caseta prefabricada de obra Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficina con aseo (lavabo e inodoro) en obra, de 6,00x2,33x2,30 m (14,00 m²), compuesta por: estructura metálica mediante perfiles conformados en frío; cerramiento de chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura prelacada; cubierta de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido; instalaciones de fontanería, saneamiento y electricidad y fuerza con toma exterior a 230 V; tubos fluorescentes y punto de luz exterior; ventanas correderas de aluminio anodizado, con luna de 6 mm y rejías; puerta de entrada de chapa galvanizada de 1 mm con cerradura; suelo de aglomerado revestido con PVC continuo de 2 mm y poliestireno de 50 mm con apoyo en base de chapa galvanizada de sección trapezoidal y revestimiento de tablero melaminado en paredes.		1,00	2.826,73	2.826,73							No se ha utilizado				
				1,00														
			E35		1,00	2.826,73	2.826,73											
			01		1	30.277,87	30.277,87											

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO																
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)							PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D						MODELO BIM4D			
Código	Net Ud	Resumen	Parcial	CanPres	Pr-Pres	ImpPres	Rendimiento tiempo	Ud	Rendimiento Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	Unidad de Obra	Medición	Rendimiento Unitario	Ud
02	Cap	Demoliciones		1	41.124,56	41.124,56										
E04	Par m2	Demolición de pavimento de aglomerado asfáltico Demolición de pavimento de aglomerado asfáltico en calzada de hasta 15 cm de espesor, mediante retroexcavadora con martillo rompedor, y carga mecánica sobre camión o contenedor.		3.833,95	3,10	11.885,25	0,018	h/m2	55,56	m2/h	69,01	h	Demolición Firme, Acera y Bordillos		39,16	m2/h
			3.833,95													
	E04			3.833,95	3,10	11.885,25										
E05	Par m2	Demolición de solera o pavimento de hormigón Demolición de solera o pavimento de hormigón en masa de hasta 15 cm de espesor, mediante retroexcavadora con martillo rompedor, y carga mecánica sobre camión o contenedor.		3.833,95	5,26	20.166,58	0,06	h/m2	16,67		230,04					
			3.833,95													
	E05			3.833,95	5,26	20.166,58										
E06	Par m	Demolición de bordillo Demolición de bordillo sobre base de hormigón, con martillo neumático, sin deteriorar los elementos constructivos contiguos, y carga manual sobre camión o contenedor.		713,03	0,83	591,81							No se ha utilizado			
			713,03													
	E06			713,03	0,83	591,81										
E07	Par m2	Demolición de pavimento de baldosas y/o losetas de horm Demolición de pavimento exterior de baldosas y/o losetas de hormigón de hasta 4 cm de espesor mediante retroexcavadora con martillo rompedor, y carga mecánica sobre camión o contenedor.		2.157,44	1,68	3.624,50	0,02	h/m2	50,00	m2/h	43,15	h				
			2.157,44													
	E07			2.157,44	1,68	3.624,50										

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO																	
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)							PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D						MODELO BIM4D				
Código	Net	Ud	Resumen	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres	Rendimiento Tiempo	Ud	Rendimient o Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	Unidad de Obra	Medición	Rendimiento Unitario	Ud
E08	Par m3		Transporte escombros a vertedero <10 km		1.223,28	3,97	4.856,42								No se ha utilizado		
			Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.														
				1.223,28													
			E08		1.223,28	3,97	4.856,42										
				02	1	41.124,56	41.124,56										
03	Caç		Muro Pantalla		1	630.682,00	630.682,00										
E09	Par m3		Excavación mecánica a cielo abierto		6.789,35	3,37	22.880,11	0,02025	h/m3	49,38	m3/h	137,48	h	Vaciado Fase 1		49,38	m3/h
			Excavación a cielo abierto, en suelo de arena densa, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.														
				6.789,35													
			E09		6.789,35	3,37	22.880,11										
E10	Par m3		Excavación para murete guía de muro pantalla		713,94	24,33	17.370,16	0,528	h/m3	1,89	m3/h	376,96	h	Excavación de zanja muretes		1,89	m3/h
			Excavación en zanjas para muretes guía de muro pantalla, en suelo de arena densa, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión														
				713,94													
			E10		713,94	24,33	17.370,16										
P41	Par m		Murete guía para muro pantalla		594,95	143,15	85.167,09	0,754	h/m	1,33	m/h	448,59	h	Ejecución Muretes Guía		1,33	m/h
			Doble murete guía de hormigón armado para muro pantalla, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, 25 kg/m, sección 100x30 cm, montaje y desmontaje del sistema de encofrado a dos caras, con demolición de murete guía con retroexcavadora con martillo rompedor y carga de escombros mecánica.														
				594,95													
			P41		594,95	143,15	85.167,09										

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO																
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)							PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D						MODELO BIM4D			
Código	Net Ud	Resumen	Parcial	CanPres	Pr-Pres	ImpPres	Rendimiento tiempo	Ud	Rendimient o Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	Unidad de Obra	Medición	Rendimiento Unitario	Ud
P58	Par m2	Muro pantalla de hormigón armado, con lodos Muro pantalla de hormigón armado de 60 cm de espesor y hasta 30 m de profundidad, o hasta encontrar roca o capas duras de terreno, realizado por bataches de 2,65 a 3,00 m de longitud, excavados en terreno cohesivo sin rechazo en el SPT, estabilizado mediante el uso de lodos tixotrópicos; realizado con hormigón HA-25/L/12/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, a través de tubo Tremie, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, cuantía 30 kg/m².		356,93	140,98	50.319,99	0,301	h/m2	3,32	m2/h	107,44	h	Excavación Muro Pantalla		3,32	m2/h
			356,93													
	P58			356,93	140,98	50.319,99	0,308	h/m2	3,25	m2/h	109,93	h	Ejecución Muro Pantalla		3,25	m2/h
P88	Par kg	Armado muro pantalla Acero UNE-EN 10080 B 400 S para elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en muro pantalla.		239.768,98	1,02	244.564,36							No se ha utilizado			
			239.768,98													
	P88			239.768,98	1,02	244.564,36										
P64	Par m	Descabezado de paneles en muros pantalla Descabezado de la coronación de los paneles del muro pantalla de 60 cm de espesor, con retroexcavadora con martillo rompedor.		594,95	86,89	51.695,21	0,371	h/m	2,70	m/h	220,73	h	Demolición Muretes-descabezado		2,70	m/h
			594,95													
	P64			594,95	86,89	51.695,21										

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO																	
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)								PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D						MODELO BIM4D			
Código	Net	Ud	Resumen	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres	Rendimiento tiempo	Ud	Rendimient a Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	Unidad de Obra	Medición	Rendimiento Unitario	Ud
P66	Par	m	Viga de atado de paneles en muros pantalla		594,95	161,19	95.899,99	1,081	h/m	0,93	m/h	643,14	h	Construcción de Viga Coronación		0,93	m/h
			Viga de hormigón armado de 60x100 cm, para atado de paneles de muro pantalla, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, cuantía 65 kg/m3.														
				594,95													
			P66		594,95	161,19	95.899,99										
			Viga perimetral conectada a los paneles del muro pantalla											Construcción de la Viga perimetral		1,40	m/h
									No esta presupuestado								
P89	Par	kg	Armado viga de atado		23.203,05	0,99	22.971,02							No se ha utilizado			
			Acero UNE-EN 10080 B 400 S para elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en viga de atado.														
				23.203,05													
			P89		23.203,05	0,99	22.971,02										
P39	Par	u	Transporte y retirada de equipo completo de lodos tixotrópicos (Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo de lodos tixotrópicos, para pantalla de 60 cm de espesor, a una distancia de hasta 200 km.		1,00	2.635,69	2.635,69							No se ha utilizado			
				1,00													
			P39		1,00	2.635,69	2.635,69										
P37	Par	u	Transporte y retirada de equipo completo de máquina pantalladora (Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo de máquina pantalladora, para pantalla de 60 cm de espesor, a una distancia de hasta 200 km.		1,00	5.425,84	5.425,84							No se ha utilizado			
				1,00													
			P37		1,00	5.425,84	5.425,84										
P524	Par	m3	Relleno en trasdós en cabeza de pantalla		1.338,64	23,72	31.752,54										
			Relleno en trasdós de muro de hormigón, con zahorra natural caliza, y compactación al 95% del Proctor Modificado con bandeja vibrante de guiado manual.														
				1.338,64													
			P524		1.338,64	23,72	31.752,54										
			03		1	630.682,00	630.682,00										

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO																	
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)							PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D						MODELO BIM4D				
Código	Net	Ud	Resumen	Parcial	CanPres	Pr-Pres	ImpPres	Rendimiento tiempo	Ud	Rendimiento Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	Unidad de Obra	Medición	Rendimiento Unitario	Ud
04	Caç		Vaciado		1	1.118.550,98	1.118.550,98										
E11	Par m3		Excavación de sótanos con el muro pantalla ya ejecutado		40.965,65	6,12	250.709,78	0,0282	h/m3	35,46	m3/h	1.155,23	h	Vaciado Fase 2 hasta cota -1,90		35,46	m3/h
			Excavación de sótanos con el muro pantalla ya ejecutado en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.														
				40.965,65													
		E11		40.965,65		6,12	250.709,78										
P68	Par m		Arriostramiento de muro pantalla (cada 2 m)		2.414,62	327,71	791.295,12	0,202	h/m	4,95	m/h	487,75	h	Colocación de puntales cada 5 m		2,48	m3/h
			Arriostramiento provisional de muro pantalla, de 20 t, mediante viga de celosía para grandes luces.														
				1.061,98													
				139,84													
				5,49													
				1.061,98													
				139,84													
				5,49													
		P68		2.414,62		327,71	791.295,12										
P258	Par m		Anclaje provisional de muro pantalla (cada 2 m)		936,00	81,78	76.546,08										
			Anclaje provisional de muro pantalla al terreno, mediante perforación del muro pantalla y del terreno, con entubación de 114 mm de diámetro exterior, con una inclinación de 30° respecto al plano horizontal, hasta 17,5 m de longitud, formado por 2 cables compuestos de cordones trenzados de acero, engrasados y envainados en tubo de PE; inyección a presión mediante el sistema de inyección única global (IU), de lechada de cemento CEM I 42,5N, con una relación agua/cemento de 0,4, dosificada en peso; fijación de los cables a las cabezas de los anclajes, tesado de los mismos, sellado de la perforación y puesta en servicio.														
				576,00													
				360,00													
		P258		936,00		81,78	76.546,08										
04				1	1.118.550,98		1.118.550,98										

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO																
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)							PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D						MODELO BIM4D			
Código	Net Ud	Resumen	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres	Rendimiento Tiempo	Ud	Rendimient o Unitaria	Ud	Tiempo Total	Ud	Unidad de Obra	Medición	Rendimiento Unitaria	Ud
05	Cap	Cimentación		1	632.327,99	632.327,99										
P057	Par m3	Relleno con material de drenaje (piedra encachada) Relleno de grava filtrante clasificada, cuyas características y composición granulométrica cumplen lo expuesto en el art. 421 del PG-3, para drenaje bajo solera.		1.017,78	34,35	34.960,74	0,025	h/m3	40,00	m3/h	25,44	h	Ejecución capa de encachado		40,00	m3/h
			1.017,78													
	P057			1.017,78	34,35	34.960,74										
P605	Par m2	Impermeabilización de losa de cimentación con láminas asfálticas Impermeabilización bajo losa de cimentación, con lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-48-FP totalmente adherida al soporte con soplete, previa imprimación del mismo con emulsión asfáltica aniónica con cargas tipo EB, y protegida con una capa antipunzonante de geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, (150 g/m²), lista para verter el hormigón de la cimentación.		5.088,90	14,60	74.297,94							No se ha utilizado			
			5.088,90													
	P605			5.088,90	14,60	74.297,94										
P82	Par m3	Losa de cimentación Losa de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, cuantía 85 kg/m³; acabado superficial liso mediante regla vibrante, sin incluir encofrado.		1.526,67	180,00	274.800,60	0,335	h/m3	2,99	m3/h	511,43	h	Ejecución Losa de Cimentación		2,99	m3/h
			1.526,67													
	P82			1.526,67	180,00	274.800,60										
P595	Par u	Zapata prefabricada de hormigón HA-35 Zapata prefabricada de hormigón armado, realizada con hormigón HA-35/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S; acabado superficial liso mediante regla vibrante, incluido encofrado.		103,00	1.806,42	186.061,26							Construcción de zapatas y Vigas riostras		2,10	m3/h
			103,00													
	P595			103,00	1.806,42	186.061,26										

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO																	
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)							PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D					MODELO BIM4D					
Código	Net	Ud	Resumen	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres	Rendimiento tiempo	Ud	Rendimient o Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	Unidad de Obra	Medición	Rendimiento Unitario	Ud
P606	Par	m3	Viga entre zapatas Viga centradora de hormigón armado, realizada con hormigón HA-35/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 60 kg/m³, sin incluir encofrado.		141,51	136,61	19.331,68	0,477	h/m3	2,10	m3/h			Construcción de zapatas y Vigas riostras		2,10	m3/h
				141,51													
				P606	141,51	136,61	19.331,68										
P607	Par	m2	Sistema de encofrado para viga entre zapatas Formación de encofrado perdido de fábrica de bloque de hormigón de 20 cm de espesor, para viga centradora, incluso excavación de zanja.		353,78	30,18	10.677,08							Excavación de zapatas y Vigas riostras			
				353,78													
				P607	353,78	30,18	10.677,08										
P80	Par	m	Encuentro de muro pantalla y forjado de sótano Encuentro de muro pantalla y forjado de sótano, mediante la fijación con resina epoxi, cada 500 cm, de 2 barras corrugadas de 16 mm de diámetro de acero B 500 S, en rebaje perimetral ejecutado mediante fresado continuo, sobre el paramento del muro pantalla.		594,95	54,12	32.198,69							No se ha utilizado			
				594,95													
				P80	594,95	54,12	32.198,69										
				05	1	632.327,99	632.327,99										
06	Cap		Forjados y Estructuras		1	1.030.653,96	1.030.653,96										
P80	Par	m	Encuentro de muro pantalla y forjado de sótano Encuentro de muro pantalla y forjado de sótano, mediante la fijación con resina epoxi, cada 500 cm, de 2 barras corrugadas de 16 mm de diámetro de acero B 500 S, en rebaje perimetral ejecutado mediante fresado continuo, sobre el paramento del muro pantalla.		594,95	54,12	32.198,69							No se ha utilizado			
				594,95													
				P80	594,95	54,12	32.198,69										

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO														
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)					PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D						MODELO BIM4D			
Código	Net Ud	Resumen	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres	Rendimiento Tiempo	Ud	Rendimient o Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	Unidad de Obra	Medición
E59	Par u	Pórticos de la estructura		1,00	404.951,76	404.951,76							Colocación de Pilares	2,00
			1,00											
	E59			1,00	404.951,76	404.951,76							Colocación de Vigas	4,00
E16	Par m2	Forjado unidireccional prefabricado 25+5 cm		9.705,58	49,98	485.084,89	0,601	h/m2	1,66	m2/h	5.833,05	h	Forjado In Situ	1,66
		Forjado unidireccional de hormigón armado, horizontal, altura libre de planta de entre 3 y 4 m, canto 30 = 25+5 cm, realizado con hormigón HA-35/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, volumen total de hormigón 0,098 m³/m², y acero UNE-EN 10080 B 500 S con una cuantía total de 2 kg/m², sobre sistema de encofrado parcial; vigueta pretensada; bovedilla de hormigón, 60x20x20 cm; malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, en capa de compresión. Sin incluir repercusión de pilares ni de vigas.												
			4.852,79											
			4.852,79											
	E16			9.705,58	49,98	485.084,89							Forjado de Placas alveolares	30,00
E60	Par u	Rampas de acceso para vehículos		1,00	94.821,50	94.821,50							Losa in situ para rampa (m2)	504
			1,00											
	E60			1,00	94.821,50	94.821,50								

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO																
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)							PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D						MODELO BIM4D			
Código	Net Ud	Resumen	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres	Rendimiento tiempo	Ud	Rendimiento Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	Unidad de Obra	Medición	Rendimiento Unitario	Ud
E45	Par m2	Escalera de hormigón visto		109,17	124,55	13.597,12	1,43	h/m2	0,70	m2/h	156,11	h	Escaleras		0,70	m2/h
		Escalera de hormigón visto, con losa de escalera y peldaño de hormigón armado, e=20 cm, realizada con hormigón HA-35/P/20/Ila fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, 18 kg/m², quedando visto el hormigón del fondo y de los laterales de la losa; Montaje y desmontaje de sistema de encofrado, con acabado visto con textura lisa en su cara inferior y laterales, en planta de hasta 3 m de altura libre, formado por superficie encofrante de tabloncillos de madera de pino forrados con tablero aglomerado hidrófugo, de un solo uso, con una de sus caras plastificada, estructura soporte horizontal de tabloncillos de madera de pino y estructura soporte vertical de puntales metálicos; amortizables los tabloncillos de la superficie encofrante en 10 usos, los tabloncillos de la estructura soporte en 10 usos y los puntales en 150 usos.														
			36,39													
			72,78													
		E45		109,17	124,55	13.597,12										
		06		1	1.030.653,96	1.030.653,96										
07	Cap	Albañilería y Carpintería		1	669.505,38	669.505,38										
E29	Par u	Particiones		1,00	114.991,44	114.991,44										
			1,00													
		E29		1,00	114.991,44	114.991,44										
E31	Par u	Suelos		1,00	4.699,49	4.699,49										
			1,00													
		E31		1,00	4.699,49	4.699,49										
E32	Par u	Pinturas para uso específico		1,00	164.809,39	164.809,39										
			1,00													
		E32		1,00	164.809,39	164.809,39										
E53	Par u	Revestimiento		1,00	1.418,66	1.418,66										
			1,00													
		E53		1,00	1.418,66	1.418,66										

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO																
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)							PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D					MODELO BIM4D				
Código	Net Ud	Resumen	Parcial	CanPres	Pr-Pres	ImpPres	Rendimiento tiempo	Ud	Rendimiento a Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	Unidad de Obra	Medición	Rendimiento Unitario	Ud
E54	Par u	Aparcamiento interior para bicicletas, de acero Aparcamiento para 2 bicicletas, formado por estructura de tubo de acero zincado bicromatado de 48 mm de diámetro y 2 mm de espesor, de 0,75x0,75 m, con arandela de remate inferior, incluso elementos de fijación., fijado a una superficie soporte (no incluida en este precio).		64,00	109,98	7.038,72										
				64,00												
			E54	64,00	109,98	7.038,72										
E57	Par u	Impermeabilizaciones		1,00	376.547,68	376.547,68							No se ha utilizado			
				1,00												
			E57	1,00	376.547,68	376.547,68										
			07	1	669.505,38	669.505,38										
08	Cap	Instalaciones y Equipamiento		1	502.827,22	502.827,22										
E46	Par u	Ventilación		1,00	80.558,70	80.558,70										
				1,00												
			E46	1,00	80.558,70	80.558,70										
E47	Par u	Fontanería		1,00	3.344,07	3.344,07										
				1,00												
			E47	1,00	3.344,07	3.344,07										
E48	Par u	Saneamiento		1,00	24.646,56	24.646,56										
				1,00												
			E48	1,00	24.646,56	24.646,56										
E49	Par u	Extinción de incendios		1,00	26.578,35	26.578,35										
				1,00												
			E49	1,00	26.578,35	26.578,35										
E50	Par u	Electricidad y alumbrado		1,00	141.580,68	141.580,68										
				1,00												
			E50	1,00	141.580,68	141.580,68										
E51	Par u	Vigilancia y cobro		1,00	141.318,37	141.318,37										
				1,00												
			E51	1,00	141.318,37	141.318,37										

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO													
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)						PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D					MODELO BIM4D		
Código	Net Ud	Resumen	Parcial	CanPres	Pr-Pres	ImpPres	Rendimiento tiempo	Ud	Rendimient o Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	
												Unidad de Obra	Medición Unitario
E52	Par u	Ascensor para personas y/o bicicletas Ascensor eléctrico sin cuarto de máquinas de frecuencia variable de 1 m/s de velocidad, 4 paradas, 450 kg de carga nominal, con capacidad para 6 personas, nivel básico de acabado en cabina de 1000x1250x2200 mm, maniobra universal simple, puertas interiores automáticas de acero inoxidable y puertas exteriores automáticas en acero para pintar de 800x2000 mm. Cabina con acabados de calidad básica, de 1000 mm de anchura, 1250 mm de profundidad y 2200 mm de altura, con alumbrado eléctrico permanente de 50 lux como mínimo, para ascensor eléctrico de pasajeros de 450 kg de carga nominal, con capacidad para 6 personas y 1 m/s de velocidad, incluso puerta de cabina corredera automática de acero para pintar.		4,00	15.617,70	62.470,80							
			4,00										
			E52	4,00	15.617,70	62.470,80							
E58	Par m2	Impermeabilización de foso de ascensor con mortero. Impermeabilización de foso de ascensor constituido por muro de superficie lisa de hormigón, elementos prefabricados de hormigón o revocos de mortero rico en cemento, con mortero flexible bicomponente, color gris, compuesto por ligantes hidráulicos y resinas sintéticas, resistencia a presión hidrostática positiva y negativa de 15 bar, según UNE-EN 1504-2, aplicado con brocha en dos o más capas, hasta conseguir un espesor mínimo total de 2 mm.		32,49	16,83	546,81							
			32,49										
			E58	32,49	16,83	546,81							
E56	Par u	Equipamiento sanitario		1,00	21.782,88	21.782,88							
			1,00										
			E56	1,00	21.782,88	21.782,88							
			08	1	502.827,22	502.827,22							

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO																		
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)							PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D					MODELO BIM4D						
Código	Net Ud	Resumen		Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres	Rendimiento tiempo	Ud	Rendimiento Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	Unidad de Obra		Medición	Rendimiento Unitario	Ud
09	Caç	Urbanización			1	724.928,35	724.928,35											
E24	Par u	Pavimentos y firmes			1,00	686.082,18	686.082,18								Relleno compactado (m3)	5031	4,58	m3/h
				1,00														
			E24		1,00	686.082,18	686.082,18								Firme y pavimento (m2)	3946	6,25	m2/h
															Acerado (m2)	4662	8,10	m2/h
E27	Par u	Mobiliario urbano			1,00	28.244,40	28.244,40											
				1,00														
			E27		1,00	28.244,40	28.244,40											
E34	Par u	Centro de transformación prefabricado Centro de transformación prefabricado, monobloque, de hormigón armado, de 3280x2380x3045 mm.			1,00	5.918,89	5.918,89											
				1,00														
			E34		1,00	5.918,89	5.918,89											
E23	Par u	Señalización			1,00	4.682,88	4.682,88											
				1,00														
			E23		1,00	4.682,88	4.682,88											
			09		1	724.928,35	724.928,35											
10	Caç	Reposición de Servicios			1	23.865,13	23.865,13											
E25	Par u	Alumbrado			1,00	6.017,35	6.017,35											
				1,00														
			E25		1,00	6.017,35	6.017,35											
E26	Par u	Saneamiento			1,00	16.826,67	16.826,67											
				1,00														
			E26		1,00	16.826,67	16.826,67											
P122	Par u	Semaforización			1,00	1.021,11	1.021,11											
				1,00														
			P122		1,00	1.021,11	1.021,11											
			10		1	23.865,13	23.865,13											
11	Caç	Trabajos Varios y Control de Calidad			1	43.000,00	43.000,00											
E17	Par u	Mantenimiento del tráfico y señalización de desvíos			1,00	9.000,00	9.000,00											
				1,00														
			E17		1,00	9.000,00	9.000,00											

TRABAJO DE FIN DE GRADO - ALEJANDRO MARTÍN REDONDO													
Presupuesto - APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO en Avda. El Cid (Sevilla)						PROYECTO DE CONSTRUCCION / CAD 2D					MODELO BIM4D		
Código	Net Uo	Resumen	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres	Rendimiento Tiempo	Ud	Rendimient o Unitario	Ud	Tiempo Total	Ud	
E19	Par u	Vigilancia de obra		1,00	15.000,00	15.000,00							
			1,00										
		E19		1,00	15.000,00	15.000,00							
E20	Par u	Limpieza y terminación de obras		1,00	9.000,00	9.000,00							
			1,00										
		E20		1,00	9.000,00	9.000,00							
E21	Par u	Control de calidad		1,00	10.000,00	10.000,00							
			1,00										
		E21		1,00	10.000,00	10.000,00							
		11		1	43.000,00	43.000,00							
12	Cap	Seguridad y Salud		1	30.073,81	30.073,81							
E36	Par u	Protecciones colectivas		1,00	9.417,70	9.417,70							
			1,00										
		E36		1,00	9.417,70	9.417,70							
E37	Par u	Protecciones individuales		1,00	7.145,35	7.145,35							
			1,00										
		E37		1,00	7.145,35	7.145,35							
E38	Par u	Extinción de incendios		1,00	803,20	803,20							
			1,00										
		E38		1,00	803,20	803,20							
E39	Par u	Instalación eléctrica		1,00	522,01	522,01							
			1,00										
		E39		1,00	522,01	522,01							
E40	Par u	Medicina y primeros auxilios		1,00	5.417,15	5.417,15							
			1,00										
		E40		1,00	5.417,15	5.417,15							
E41	Par u	Formación y reuniones		1,00	6.768,40	6.768,40							
			1,00										
		E41		1,00	6.768,40	6.768,40							
		12		1	30.073,81	30.073,81							
13	Cap	Gestión de Residuos		1	23.434,56	23.434,56							
E42	Par u	Transporte de residuos		1,00	1.715,64	1.715,64							
			1,00										
		E42		1,00	1.715,64	1.715,64							
E43	Par u	Valoración de residuos		1,00	21.718,92	21.718,92							
			1,00										
		E43		1,00	21.718,92	21.718,92							
		13		1	23.434,56	23.434,56							
		APARCSUBTSI		1	5.501.251,81	5.501.251,81							


ANEJO 5. PROGRAMA DE OBRA


	ID	Nombre	Duración	Inicio	Finalizar	jul. 2019		ene. 2020		ene. 2021						
							oct.		abr.	jul.	oct.			abr.	jul.	
						wk -3	wk 9	wk 23	wk 36	wk 49	wk 62		wk 75	wk 88	wk 101	
1	ST00260	Aparcamiento Subterráneo en la avenida el Cid	485d, 5h	8:00 31/07/2019	8:00 12/08/2021											
2	ST00240	Firma del Contrato	0d	8:00 31/07/2019												
3	ST00020	Replanteo de Obra	2d	8:00 31/07/2019	10:00 02/08/2019											
4	ST00025	Acta de Comprobación de Replanteo	1d	11:00 05/08/2019	12:00 06/08/2019											
5	ST00030	Cajón de Obras	6d, 53m	10:00 02/08/2019	9:53 13/08/2019											
6	ST00040	Instalaciones auxiliares de Obra	14d	10:00 02/08/2019	10:00 27/08/2019											
7	ST00050	Demolición desde Cota +1.30 hasta +0.80	14d, 4h, 26m	14:00 21/08/2019	17:56 12/09/2019											
8	ST00270	Demolición Zona Portugal	14d, 4h, 26m	14:00 21/08/2019	17:56 12/09/2019											
9	ST00280	Demolición Zona Cid	14d, 2h, 54m	14:00 21/08/2019	16:24 12/09/2019											
10	ST00060	Vaciado Fase 1 hasta cota -0.90	16d, 2h, 18m	10:00 27/08/2019	15:48 19/09/2019											
11	ST00290	Vaciado F1 Zona Portugal	10d, 2h, 18m	9:00 05/09/2019	15:48 19/09/2019											
12	ST00310	Vaciado F1 Zona Cid	15d, 5h, 34m	10:00 27/08/2019	10:04 19/09/2019											
13	ST00065	Ejecución de Muretes Guía	23d, 4h, 36m	11:00 19/09/2019	16:36 22/10/2019											
14	ST00070	Excavación de Zanja para muretes hasta Cota -1.90	14d, 4h, 32m	11:00 19/09/2019	16:32 09/10/2019											
15	ST00120	Zanja Zona Portugal - Equipo 1	9d, 24m	16:00 19/09/2019	16:24 02/10/2019											
16	ST00400	Zanja Zona P1 Calle	1d, 3h, 8m	16:00 19/09/2019	10:08 23/09/2019											
17	ST00410	Zanja Zona P1 Pabellón	7d, 4h, 24m	11:00 23/09/2019	16:24 02/10/2019											
18	ST00125	Zanja Zona Portugal - Equipo 2	8d, 7h, 21m	16:00 20/09/2019	15:21 03/10/2019											
19	ST00130	Zanja Zona Cid - Equipo 1	14d, 4h, 32m	11:00 19/09/2019	16:32 09/10/2019											
20	ST00430	Zanja Zona C1 extremo	1d, 4h, 41m	11:00 19/09/2019	16:41 20/09/2019											
21	ST00440	Zanja Zona C1 Pabellón	12d, 7h, 32m	17:00 20/09/2019	16:32 09/10/2019											
22	ST00230	Zanja Zona Cid - Equipo 2	14d, 4h	11:00 19/09/2019	16:00 09/10/2019											
23	ST00080	Construccion murete i/ E, F, H, D	21d, 7h, 36m	17:00 20/09/2019	16:36 22/10/2019											
24	ST00140	Murete Zona Portugal - Equipo 1	13d, 6h, 19m	11:00 23/09/2019	9:19 11/10/2019											
25	ST00450	Murete Zona P1 Calle	2d, 2h, 3m	11:00 23/09/2019	14:03 25/09/2019											
26	ST00460	Murete Zona P1 Pabellón	10d, 6h, 19m	11:00 26/09/2019	9:19 11/10/2019											
27	ST00150	Murete Zona Portugal - Equipo 2	12d, 7h, 29m	16:00 25/09/2019	15:29 14/10/2019											
28	ST00380	Murete Zona Cid - Equipo 1	21d, 7h, 36m	17:00 20/09/2019	16:36 22/10/2019											
29	ST00470	Murete Zona C1 Calle	2d, 2h, 4m	17:00 20/09/2019	10:04 25/09/2019											
30	ST00480	Murete Zona C1 Pabellón	18d, 7h, 36m	17:00 25/09/2019	16:36 22/10/2019											
31	ST00560	Murete Zona Cid - Equipo 2	21d, 1h, 42m	11:00 23/09/2019	12:42 22/10/2019											
32	ST00160	Ejecución de las Pantallas	149d, 4h, 46m	11:00 11/10/2019	9:46 26/05/2020											
33	ST00170	Excavación Pantallas	11d, 7h, 18m	11:00 11/10/2019	10:18 29/10/2019											
34	ST00180	Exc. Pantallas Zona Cid Norte	2d, 2h, 7m	11:00 11/10/2019	14:07 15/10/2019											
35	ST00190	Exc. Pantallas Zona Cid Calle	3h, 25m	15:00 15/10/2019	9:25 16/10/2019											
36	ST00200	Exc. Pantallas Zona Pabellon Norte	2d, 1h, 48m	17:00 11/10/2019	9:48 16/10/2019											
37	ST00490	Exc. Pantallas Zona Cid Sur	1d, 7h, 8m	14:00 22/10/2019	12:08 24/10/2019											
38	ST00500	Exc. Pantallas Zona Portugal Sur	2d, 4h, 26m	14:00 24/10/2019	9:26 29/10/2019											
39	ST00510	Exc. Pantallas Zona Pabellon Sur	1d, 4h, 5m	17:00 22/10/2019	12:05 24/10/2019											
40	ST00515	Exc. Pantallas Zona Portugal Norte	2d, 1h, 12m	14:00 24/10/2019	15:12 28/10/2019											
41	ST00520	Exc. Pantallas Zona Portugal Calle	3h, 18m	16:00 28/10/2019	10:18 29/10/2019											
42	ST00690	Construcción Pantallas	149d, 4h, 46m	11:00 11/10/2019	9:46 26/05/2020											
43	ST00700	Zona Cid Norte	83d, 48m	11:00 11/10/2019	11:48 14/02/2020											
44	ST01840	TFG_AMR_Pantalla_Clave_168:TFG_AMR_Pantalla_Clave_168:166375_(#597403)	1d, 3h, 24m	11:00 11/10/2019	15:24 14/10/2019											
45	ST01850	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:166373_(#597403)	1d, 4h, 48m	16:00 14/10/2019	11:48 16/10/2019											
46	ST01860	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:166363_(#597403)	1d, 4h, 48m	12:00 16/10/2019	17:48 17/10/2019											
47	ST01870	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:166338_(#597403)	1d, 4h, 48m	9:00 18/10/2019	14:48 21/10/2019											
Project title					Dated					Drawn by					Programme No	
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM A UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA NODAL					31/07/2019					ALEJANDRO MARTÍN REDONDO						
Programme title					Rev No		Rev comments									
Client					Notes											
Escuela Técnica Superior de INGENIERÍA DE SEVILLA																
Printed: 18:42 01/09/2019																


	ID	Nombre	Duración	Inicio	Finalizar	jul. 2019				ene. 2020				ene. 2021					
						wk -3				wk 9				wk 23					
48	ST01880	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164387_(#2	1d, 4h, 48m	15:00 21/10/2019	10:48 23/10/2019														
49	ST01890	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164364_(#2	1d, 4h, 48m	11:00 23/10/2019	16:48 24/10/2019														
50	ST01900	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164335_(#2	1d, 4h, 48m	17:00 24/10/2019	12:48 28/10/2019														
51	ST01910	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164325_(#2	1d, 4h, 48m	14:00 28/10/2019	9:48 30/10/2019														
52	ST01920	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164315_(#2	1d, 4h, 48m	10:00 30/10/2019	15:48 31/10/2019														
53	ST01930	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164307_(#2	1d, 4h, 48m	16:00 31/10/2019	11:48 05/11/2019														
54	ST01940	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164299_(#2	1d, 4h, 48m	12:00 05/11/2019	17:48 06/11/2019														
55	ST01950	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164285_(#2	1d, 4h, 48m	9:00 07/11/2019	14:48 08/11/2019														
56	ST01960	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164273_(#2	1d, 4h, 48m	15:00 08/11/2019	10:48 12/11/2019														
57	ST01970	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164265_(#2	1d, 4h, 48m	11:00 12/11/2019	16:48 13/11/2019														
58	ST01980	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164257_(#2	1d, 4h, 48m	17:00 13/11/2019	12:48 15/11/2019														
59	ST01990	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164247_(#2	1d, 4h, 48m	14:00 15/11/2019	9:48 19/11/2019														
60	ST02000	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164237_(#2	1d, 4h, 48m	10:00 19/11/2019	15:48 20/11/2019														
61	ST02010	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164227_(#2	1d, 4h, 48m	16:00 20/11/2019	11:48 22/11/2019														
62	ST02020	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164219_(#1	1d, 4h, 48m	12:00 22/11/2019	17:48 25/11/2019														
63	ST02030	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164211_(#1	1d, 4h, 48m	9:00 26/11/2019	14:48 27/11/2019														
64	ST02040	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164201_(#1	1d, 4h, 48m	15:00 27/11/2019	10:48 29/11/2019														
65	ST02050	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164191_(#1	1d, 4h, 48m	11:00 29/11/2019	16:48 02/12/2019														
66	ST02060	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164183_(#1	1d, 4h, 48m	17:00 02/12/2019	12:48 04/12/2019														
67	ST02070	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164175_(#1	1d, 4h, 48m	14:00 04/12/2019	9:48 10/12/2019														
68	ST02080	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164165_(#1	1d, 4h, 48m	10:00 10/12/2019	15:48 11/12/2019														
69	ST02090	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164157_(#1	1d, 4h, 48m	16:00 11/12/2019	11:48 13/12/2019														
70	ST02100	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164149_(#1	1d, 4h, 48m	12:00 13/12/2019	17:48 16/12/2019														
71	ST02110	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164133_(#1	1d, 4h, 48m	9:00 17/12/2019	14:48 18/12/2019														
72	ST02120	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164123_(#1	1d, 4h, 48m	15:00 18/12/2019	10:48 20/12/2019														
73	ST02130	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164115_(#1	1d, 4h, 48m	11:00 20/12/2019	16:48 23/12/2019														
74	ST02140	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164107_(#1	1d, 4h, 48m	17:00 23/12/2019	17:48 26/12/2019														
75	ST02150	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164099_(#9	1d, 4h, 48m	9:00 27/12/2019	14:48 30/12/2019														
76	ST02160	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164091_(#9	1d, 4h, 48m	15:00 30/12/2019	15:48 02/01/2020														
77	ST02170	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164083_(#8	1d, 4h, 48m	16:00 02/01/2020	11:48 07/01/2020														
78	ST02180	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164046_(#7	1d, 4h, 48m	12:00 07/01/2020	17:48 08/01/2020														
79	ST02190	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164036_(#6	1d, 4h, 48m	9:00 09/01/2020	14:48 10/01/2020														
80	ST02200	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164028_(#6	1d, 4h, 48m	15:00 10/01/2020	10:48 14/01/2020														
81	ST02210	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164020_(#5	1d, 4h, 48m	11:00 14/01/2020	16:48 15/01/2020														
82	ST02220	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164010_(#4	1d, 4h, 48m	17:00 15/01/2020	12:48 17/01/2020														
83	ST02230	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164002_(#3	1d, 4h, 48m	14:00 17/01/2020	9:48 21/01/2020														
84	ST02240	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163987_(#3	1d, 4h, 48m	10:00 21/01/2020	15:48 22/01/2020														
85	ST02250	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163958_(#1	1d, 4h, 48m	16:00 22/01/2020	11:48 24/01/2020														
86	ST02260	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163966_(#2	1d, 4h, 48m	12:00 24/01/2020	17:48 27/01/2020														
87	ST02270	TFG_AMR_Pantalla_esquina_124_125:TFG_AMR_Pantalla_esquina_124_125:173778	1d, 7h, 37m	9:00 28/01/2020	17:37 29/01/2020														
88	ST02280	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165435_(#5	1d, 4h, 48m	9:00 30/01/2020	14:48 31/01/2020														
89	ST02290	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165462_(#5	1d, 4h, 48m	15:00 31/01/2020	10:48 04/02/2020														
90	ST02300	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165472_(#5	1d, 4h, 48m	11:00 04/02/2020	16:48 05/02/2020														
91	ST02310	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165486_(#5	1d, 4h, 48m	17:00 05/02/2020	12:48 07/02/2020														
92	ST02320	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165496_(#5	1d, 4h, 48m	14:00 07/02/2020	9:48 11/02/2020														
93	ST02330	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165508_(#5	1d, 4h, 48m	10:00 11/02/2020	15:48 12/02/2020														
94	ST02340	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165516_(#5	1d, 4h, 48m	16:00 12/02/2020	11:48 14/02/2020														
Project title					Dated					Drawn by					Programme No				
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM A UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA NODAL					31/07/2019					ALEJANDRO MARTÍN REDONDO									
Programme title					Rev No					Rev comments									
Client					Notes														

Escuela Técnica Superior de INGENIERÍA DE SEVILLA

Printed: 18:42 01/09/2019


	ID	Nombre	Duración	Inicio	Finalizar	jul. 2019				ene. 2020				ene. 2021																
								oct.				abr.		jul.		oct.														
						wk -3		wk 9		wk 23	wk 36		wk 49		wk 62															
95	ST00710	Zona Cid Pabellon Norte	69d, 7h, 45m	10:00 16/10/2019	9:45 31/01/2020																									
96	ST02350	TFG_AMR_Pantalla_Clave_73:TFG_AMR_Pantalla_Clave_73:171203_(#625455)	7h, 32m	10:00 16/10/2019	9:32 17/10/2019																									
97	ST02360	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:169641_(#6	1d, 4h, 48m	10:00 17/10/2019	15:48 18/10/2019																									
98	ST02370	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:169631_(#6	1d, 4h, 48m	16:00 18/10/2019	11:48 22/10/2019																									
99	ST02380	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:169613_(#6	1d, 4h, 48m	12:00 22/10/2019	17:48 23/10/2019																									
100	ST02390	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163570_(#7	1d, 4h, 48m	9:00 24/10/2019	14:48 25/10/2019																									
101	ST02400	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163541_(#7	1d, 4h, 48m	15:00 25/10/2019	10:48 29/10/2019																									
102	ST02410	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163515_(#7	1d, 4h, 48m	11:00 29/10/2019	16:48 30/10/2019																									
103	ST02420	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163587_(#7	1d, 4h, 48m	17:00 30/10/2019	12:48 04/11/2019																									
104	ST02430	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163595_(#7	1d, 4h, 48m	14:00 04/11/2019	9:48 06/11/2019																									
105	ST02440	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163603_(#7	1d, 4h, 48m	10:00 06/11/2019	15:48 07/11/2019																									
106	ST02450	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163613_(#7	1d, 4h, 48m	16:00 07/11/2019	11:48 11/11/2019																									
107	ST02460	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163623_(#7	1d, 4h, 48m	12:00 11/11/2019	17:48 12/11/2019																									
108	ST02470	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163633_(#7	1d, 4h, 48m	9:00 13/11/2019	14:48 14/11/2019																									
109	ST02480	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163645_(#7	1d, 4h, 48m	15:00 14/11/2019	10:48 18/11/2019																									
110	ST02490	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163657_(#7	1d, 4h, 48m	11:00 18/11/2019	16:48 19/11/2019																									
111	ST02500	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163669_(#8	1d, 4h, 48m	17:00 19/11/2019	12:48 21/11/2019																									
112	ST02510	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163679_(#8	1d, 4h, 48m	14:00 21/11/2019	9:48 25/11/2019																									
113	ST02520	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163687_(#8	1d, 4h, 48m	10:00 25/11/2019	15:48 26/11/2019																									
114	ST02530	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163697_(#8	1d, 4h, 48m	16:00 26/11/2019	11:48 28/11/2019																									
115	ST02540	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163707_(#8	1d, 4h, 48m	12:00 28/11/2019	17:48 29/11/2019																									
116	ST02550	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163717_(#8	1d, 4h, 48m	9:00 02/12/2019	14:48 03/12/2019																									
117	ST02560	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163725_(#8	1d, 4h, 48m	15:00 03/12/2019	10:48 05/12/2019																									
118	ST02570	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163733_(#8	1d, 4h, 48m	11:00 05/12/2019	16:48 10/12/2019																									
119	ST02580	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163743_(#8	1d, 4h, 48m	17:00 10/12/2019	12:48 12/12/2019																									
120	ST02590	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163751_(#8	1d, 4h, 48m	14:00 12/12/2019	9:48 16/12/2019																									
121	ST02600	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163761_(#8	1d, 4h, 48m	10:00 16/12/2019	15:48 17/12/2019																									
122	ST02610	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163771_(#9	1d, 4h, 48m	16:00 17/12/2019	11:48 19/12/2019																									
123	ST02620	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163781_(#9	1d, 4h, 48m	12:00 19/12/2019	17:48 20/12/2019																									
124	ST02630	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163789_(#9	1d, 4h, 48m	9:00 23/12/2019	9:48 26/12/2019																									
125	ST02640	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163797_(#9	1d, 4h, 48m	10:00 26/12/2019	15:48 27/12/2019																									
126	ST02650	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163805_(#9	1d, 4h, 48m	16:00 27/12/2019	10:48 31/12/2019																									
127	ST02660	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163815_(#9	1d, 4h, 48m	11:00 31/12/2019	12:48 03/01/2020																									
128	ST02670	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163823_(#9	1d, 4h, 48m	14:00 03/01/2020	9:48 08/01/2020																									
129	ST02680	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163831_(#9	1d, 4h, 48m	10:00 08/01/2020	15:48 09/01/2020																									
130	ST02690	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163841_(#9	1d, 4h, 48m	16:00 09/01/2020	11:48 13/01/2020																									
131	ST02700	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163853_(#9	1d, 4h, 48m	12:00 13/01/2020	17:48 14/01/2020																									
132	ST02710	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163863_(#9	1d, 4h, 48m	9:00 15/01/2020	14:48 16/01/2020																									
133	ST02720	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163879_(#1	1d, 4h, 48m	15:00 16/01/2020	10:48 20/01/2020																									
134	ST02730	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163887_(#1	1d, 4h, 48m	11:00 20/01/2020	16:48 21/01/2020																									
135	ST02740	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163897_(#1	1d, 4h, 48m	17:00 21/01/2020	12:48 23/01/2020																									
136	ST02750	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163907_(#1	1d, 4h, 48m	14:00 23/01/2020	9:48 27/01/2020																									
137	ST02760	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163919_(#1	1d, 4h, 48m	10:00 27/01/2020	15:48 28/01/2020																									
138	ST02770	TFG_AMR_Pantalla_esquina_115_116:TFG_AMR_Pantalla_esquina_115_116:174543_	2d, 2h, 45m	16:00 28/01/2020	9:45 31/01/2020																									
139	ST00720	Zona Portugal Sur	140d, 2h, 46m	14:00 24/10/2019	9:46 26/05/2020																									
140	ST02780	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_169:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_169:167947_(#6	1d, 4h, 12m	14:00 24/10/2019	9:12 28/10/2019																									
141	ST02790	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165545_(#5	1d, 4h, 48m	10:00 28/10/2019	15:48 29/10/2019																									
Project title					Dated					31/07/2019					Drawn by					ALEJANDRO MARTÍN REDONDO					Programme No					
Programme title					Rev No					Rev comments																				
Client					Notes																									
Printed: 18:42 01/09/2019																														

	ID	Nombre	Duración	Inicio	Finalizar	jul. 2019			ene. 2020			ene. 2021																		
						wk -3	oct. wk 9	wk 23	abr. wk 36	jul. wk 49	oct. wk 62	ene. wk 75	abr. wk 88	jul. wk 101																
142	ST02800	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:161927_(#2)	1d, 4h, 48m	16:00 29/10/2019	11:48 31/10/2019																									
143	ST02810	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:161939_(#3)	1d, 4h, 48m	12:00 31/10/2019	17:48 04/11/2019																									
144	ST02820	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:161980_(#3)	1d, 4h, 48m	9:00 05/11/2019	14:48 06/11/2019																									
145	ST02830	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:161988_(#3)	1d, 4h, 48m	15:00 06/11/2019	10:48 08/11/2019																									
146	ST02840	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:161996_(#3)	1d, 4h, 48m	11:00 08/11/2019	16:48 11/11/2019																									
147	ST02850	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162004_(#3)	1d, 4h, 48m	17:00 11/11/2019	12:48 13/11/2019																									
148	ST02860	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162022_(#3)	1d, 4h, 48m	14:00 13/11/2019	9:48 15/11/2019																									
149	ST02870	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162032_(#3)	1d, 4h, 48m	10:00 15/11/2019	15:48 18/11/2019																									
150	ST02880	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162044_(#3)	1d, 4h, 48m	16:00 18/11/2019	11:48 20/11/2019																									
151	ST02890	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162052_(#3)	1d, 4h, 48m	12:00 20/11/2019	17:48 21/11/2019																									
152	ST02900	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162062_(#3)	1d, 4h, 48m	9:00 22/11/2019	14:48 25/11/2019																									
153	ST02910	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162074_(#3)	1d, 4h, 48m	15:00 25/11/2019	10:48 27/11/2019																									
154	ST02920	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162084_(#4)	1d, 4h, 48m	11:00 27/11/2019	16:48 28/11/2019																									
155	ST02930	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162094_(#4)	1d, 4h, 48m	17:00 28/11/2019	12:48 02/12/2019																									
156	ST02940	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162102_(#4)	1d, 4h, 48m	14:00 02/12/2019	9:48 04/12/2019																									
157	ST02950	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162114_(#4)	1d, 4h, 48m	10:00 04/12/2019	15:48 05/12/2019																									
158	ST02960	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162124_(#4)	1d, 4h, 48m	16:00 05/12/2019	11:48 11/12/2019																									
159	ST02970	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162134_(#4)	1d, 4h, 48m	12:00 11/12/2019	17:48 12/12/2019																									
160	ST02980	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162142_(#4)	1d, 4h, 48m	9:00 13/12/2019	14:48 16/12/2019																									
161	ST02990	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162150_(#4)	1d, 4h, 48m	15:00 16/12/2019	10:48 18/12/2019																									
162	ST03000	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162160_(#4)	1d, 4h, 48m	11:00 18/12/2019	16:48 19/12/2019																									
163	ST03010	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162168_(#4)	1d, 4h, 48m	17:00 19/12/2019	12:48 23/12/2019																									
164	ST03020	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162176_(#4)	1d, 4h, 48m	14:00 23/12/2019	14:48 26/12/2019																									
165	ST03030	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162188_(#5)	1d, 4h, 48m	15:00 26/12/2019	10:48 30/12/2019																									
166	ST03040	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162196_(#5)	1d, 4h, 48m	11:00 30/12/2019	11:48 02/01/2020																									
167	ST03050	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162206_(#5)	1d, 4h, 48m	12:00 02/01/2020	17:48 03/01/2020																									
168	ST03060	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162214_(#5)	1d, 4h, 48m	9:00 07/01/2020	14:48 08/01/2020																									
169	ST03070	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162222_(#5)	1d, 4h, 48m	15:00 08/01/2020	10:48 10/01/2020																									
170	ST03080	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162232_(#5)	1d, 4h, 48m	11:00 10/01/2020	16:48 13/01/2020																									
171	ST03090	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162240_(#5)	1d, 4h, 48m	17:00 13/01/2020	12:48 15/01/2020																									
172	ST03100	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162248_(#5)	1d, 4h, 48m	14:00 15/01/2020	9:48 17/01/2020																									
173	ST03110	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162260_(#5)	1d, 4h, 48m	10:00 17/01/2020	15:48 20/01/2020																									
174	ST03120	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162268_(#5)	1d, 4h, 48m	16:00 20/01/2020	11:48 22/01/2020																									
175	ST03130	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162276_(#5)	1d, 4h, 48m	12:00 22/01/2020	17:48 23/01/2020																									
176	ST03140	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:162308_(#6)	1d, 4h, 48m	9:00 24/01/2020	14:48 27/01/2020																									
177	ST03150	TFG_AMR_Pantalla_esquina_206_207:TFG_AMR_Pantalla_esquina_206_207:175312	1d, 3h, 46m	15:00 27/01/2020	9:46 29/01/2020																									
178	ST03160	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165425_(#5)	1d, 4h, 48m	10:00 29/01/2020	15:48 30/01/2020																									
179	ST03170	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165413_(#5)	1d, 4h, 48m	16:00 30/01/2020	11:48 03/02/2020																									
180	ST03180	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165405_(#5)	1d, 4h, 48m	12:00 03/02/2020	17:48 04/02/2020																									
181	ST03190	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165372_(#5)	1d, 4h, 48m	9:00 05/02/2020	14:48 06/02/2020																									
182	ST03200	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165360_(#5)	1d, 4h, 48m	15:00 06/02/2020	10:48 10/02/2020																									
183	ST03210	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165352_(#5)	1d, 4h, 48m	11:00 10/02/2020	16:48 11/02/2020																									
184	ST03220	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165342_(#5)	1d, 4h, 48m	17:00 11/02/2020	12:48 13/02/2020																									
185	ST03230	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165334_(#5)	1d, 4h, 48m	14:00 13/02/2020	9:48 17/02/2020																									
186	ST03240	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165322_(#5)	1d, 4h, 48m	10:00 17/02/2020	15:48 18/02/2020																									
187	ST03250	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165312_(#5)	1d, 4h, 48m	16:00 18/02/2020	11:48 20/02/2020																									
188	ST03260	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165300_(#5)	1d, 4h, 48m	12:00 20/02/2020	17:48 21/02/2020																									
Project title					Dated					31/07/2019					Drawn by					ALEJANDRO MARTÍN REDONDO					Programme No					
Programme title					Rev No					Rev comments																				
Client					Notes																									
Printed: 18:42 01/09/2019																														


	ID	Nombre	Duración	Inicio	Finalizar	jul. 2019				ene. 2020				ene. 2021											
								oct.				abr.		jul.		oct.									
						wk -3		wk 9		wk 23		wk 36		wk 49		wk 62									
189	ST03270	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165290_#5	1d, 4h, 48m	9:00 24/02/2020	14:48 25/02/2020																				
190	ST03280	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165280_#5	1d, 4h, 48m	15:00 25/02/2020	10:48 27/02/2020																				
191	ST03290	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165270_#4	1d, 4h, 48m	11:00 27/02/2020	16:48 02/03/2020																				
192	ST03300	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165262_#4	1d, 4h, 48m	17:00 02/03/2020	12:48 04/03/2020																				
193	ST03310	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165252_#4	1d, 4h, 48m	14:00 04/03/2020	9:48 06/03/2020																				
194	ST03320	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165244_#4	1d, 4h, 48m	10:00 06/03/2020	15:48 09/03/2020																				
195	ST03330	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165232_#4	1d, 4h, 48m	16:00 09/03/2020	11:48 11/03/2020																				
196	ST03340	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165220_#4	1d, 4h, 48m	12:00 11/03/2020	17:48 12/03/2020																				
197	ST03350	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165212_#4	1d, 4h, 48m	9:00 13/03/2020	14:48 16/03/2020																				
198	ST03360	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165200_#4	1d, 4h, 48m	15:00 16/03/2020	10:48 18/03/2020																				
199	ST03370	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165190_#4	1d, 4h, 48m	11:00 18/03/2020	16:48 19/03/2020																				
200	ST03380	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165180_#4	1d, 4h, 48m	17:00 19/03/2020	12:48 23/03/2020																				
201	ST03390	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165172_#4	1d, 4h, 48m	14:00 23/03/2020	9:48 25/03/2020																				
202	ST03400	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165164_#4	1d, 4h, 48m	10:00 25/03/2020	15:48 26/03/2020																				
203	ST03410	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165156_#4	1d, 4h, 48m	16:00 26/03/2020	11:48 30/03/2020																				
204	ST03420	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165148_#4	1d, 4h, 48m	12:00 30/03/2020	17:48 31/03/2020																				
205	ST03430	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165140_#3	1d, 4h, 48m	9:00 01/04/2020	14:48 02/04/2020																				
206	ST03440	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165128_#3	1d, 4h, 48m	15:00 02/04/2020	10:48 06/04/2020																				
207	ST03450	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165116_#3	1d, 4h, 48m	11:00 06/04/2020	16:48 07/04/2020																				
208	ST03460	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165106_#3	1d, 4h, 48m	17:00 07/04/2020	15:48 13/04/2020																				
209	ST03470	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:172939_#6	1d, 4h, 48m	16:00 13/04/2020	11:48 15/04/2020																				
210	ST03480	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:172929_#6	1d, 4h, 48m	12:00 15/04/2020	17:48 16/04/2020																				
211	ST03490	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:172921_#6	1d, 4h, 48m	9:00 17/04/2020	14:48 20/04/2020																				
212	ST03500	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:172913_#6	1d, 4h, 48m	15:00 20/04/2020	10:48 22/04/2020																				
213	ST03510	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:172905_#6	1d, 4h, 48m	11:00 22/04/2020	16:48 23/04/2020																				
214	ST03520	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:172890_#6	1d, 4h, 48m	17:00 23/04/2020	12:48 27/04/2020																				
215	ST03530	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165034_#3	1d, 4h, 48m	14:00 27/04/2020	9:48 30/04/2020																				
216	ST03540	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165026_#3	1d, 4h, 48m	10:00 30/04/2020	15:48 04/05/2020																				
217	ST03550	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165016_#3	1d, 4h, 48m	16:00 04/05/2020	11:48 06/05/2020																				
218	ST03560	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:165006_#3	1d, 4h, 48m	12:00 06/05/2020	17:48 07/05/2020																				
219	ST03570	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164996_#3	1d, 4h, 48m	9:00 08/05/2020	14:48 11/05/2020																				
220	ST03580	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164986_#3	1d, 4h, 48m	15:00 11/05/2020	10:48 13/05/2020																				
221	ST03590	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164974_#3	1d, 4h, 48m	11:00 13/05/2020	16:48 14/05/2020																				
222	ST03600	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164949_#3	1d, 4h, 48m	17:00 14/05/2020	12:48 18/05/2020																				
223	ST03610	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164903_#3	1d, 4h, 48m	14:00 18/05/2020	9:48 20/05/2020																				
224	ST03620	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164932_#3	1d, 4h, 48m	10:00 20/05/2020	15:48 21/05/2020																				
225	ST03630	TFG_AMR_Pantalla_esquina_255_256:TFG_AMR_Pantalla_esquina_255_256:168780	2d, 2h, 46m	16:00 21/05/2020	9:46 26/05/2020																				
226	ST00730	Zona Portugal Pabellon	127d, 48m	14:00 24/10/2019	16:48 06/05/2020																				
227	ST03640	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_72:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_72:170403_#618	1d, 2h, 34m	14:00 24/10/2019	16:34 25/10/2019																				
228	ST03650	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163376_#6	1d, 4h, 48m	17:00 25/10/2019	12:48 29/10/2019																				
229	ST03660	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163338_#6	1d, 4h, 48m	14:00 29/10/2019	9:48 31/10/2019																				
230	ST03670	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163327_#6	1d, 4h, 48m	10:00 31/10/2019	15:48 04/11/2019																				
231	ST03680	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:161213_#5	1d, 4h, 48m	16:00 04/11/2019	11:48 06/11/2019																				
232	ST03690	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:161210_#4	1d, 4h, 48m	12:00 06/11/2019	17:48 07/11/2019																				
233	ST03700	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:161195_#2	1d, 4h, 48m	9:00 08/11/2019	14:48 11/11/2019																				
234	ST03710	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:161198_#4	1d, 4h, 48m	15:00 11/11/2019	10:48 13/11/2019																				
235	ST03720	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:161467_#6	1d, 4h, 48m	11:00 13/11/2019	16:48 14/11/2019																				
Project title				Dated				31/07/2019				Drawn by				ALEJANDRO MARTÍN REDONDO				Programme No					
Programme title				Rev No				Rev comments																	
Client				Notes																					

Printed: 18:42 01/09/2019


	ID	Nombre	Duración	Inicio	Finalizar	jul. 2019				ene. 2020				ene. 2021																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
						wk -3				oct. wk 9				wk 23					abr. wk 36				jul. wk 49				oct. wk 62				wk 75				abr. wk 88				jul. wk 101																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
236	ST03730	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:161485_(#7)	1d, 4h, 48m	17:00 14/11/2019	12:48 18/11/2019																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	</

	ID	Nombre	Duración	Inicio	Finalizar	jul. 2019				ene. 2020				ene. 2021										
						wk -3				oct. wk 9				jul. wk 49										
						wk 23				abr. wk 36				oct. wk 62				jul. wk 101						
283	ST04200	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164725_(#2	1d, 4h, 48m	14:00 11/03/2020	9:48 13/03/2020																			
284	ST04210	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164735_(#2	1d, 4h, 48m	10:00 13/03/2020	15:48 16/03/2020																			
285	ST04220	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164747_(#2	1d, 4h, 48m	16:00 16/03/2020	11:48 18/03/2020																			
286	ST04230	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164757_(#2	1d, 4h, 48m	12:00 18/03/2020	17:48 19/03/2020																			
287	ST04240	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164765_(#2	1d, 4h, 48m	9:00 20/03/2020	14:48 23/03/2020																			
288	ST04250	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164773_(#2	1d, 4h, 48m	15:00 23/03/2020	10:48 25/03/2020																			
289	ST04260	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164783_(#2	1d, 4h, 48m	11:00 25/03/2020	16:48 26/03/2020																			
290	ST04270	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164795_(#2	1d, 4h, 48m	17:00 26/03/2020	12:48 30/03/2020																			
291	ST04280	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164803_(#2	1d, 4h, 48m	14:00 30/03/2020	9:48 01/04/2020																			
292	ST04290	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164813_(#2	1d, 4h, 48m	10:00 01/04/2020	15:48 02/04/2020																			
293	ST04300	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164823_(#2	1d, 4h, 48m	16:00 02/04/2020	11:48 06/04/2020																			
294	ST04310	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164831_(#2	1d, 4h, 48m	12:00 06/04/2020	17:48 07/04/2020																			
295	ST04320	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164841_(#2	1d, 4h, 48m	8:00 08/04/2020	16:48 13/04/2020																			
296	ST04330	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:164851_(#2	1d, 4h, 48m	17:00 13/04/2020	12:48 15/04/2020																			
297	ST04340	TFG_AMR_Pantalla_esquina_264_265:TFG_AMR_Pantalla_esquina_264_265:169566	1d, 7h, 48m	14:00 15/04/2020	12:48 17/04/2020																			
298	ST04350	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163387_(#6	1d, 4h, 48m	14:00 17/04/2020	9:48 21/04/2020																			
299	ST04360	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163411_(#6	1d, 4h, 48m	10:00 21/04/2020	15:48 22/04/2020																			
300	ST04370	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163422_(#6	1d, 4h, 48m	16:00 22/04/2020	11:48 24/04/2020																			
301	ST04380	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163430_(#6	1d, 4h, 48m	12:00 24/04/2020	17:48 27/04/2020																			
302	ST04390	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163438_(#6	1d, 4h, 48m	9:00 28/04/2020	14:48 30/04/2020																			
303	ST04400	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163446_(#6	1d, 4h, 48m	15:00 30/04/2020	10:48 05/05/2020																			
304	ST04410	TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:TFG_AMR_Pantalla_intermedia_230:163454_(#6	1d, 4h, 48m	11:00 05/05/2020	16:48 06/05/2020																			
305	ST00210	Vaciado Fase 2 hasta cota -1.90	78d, 7h, 2m	12:00 14/02/2020	14:02 15/06/2020																			
306	ST00220	Vaciado F2 Zona Portugal	6d, 7h, 50m	10:00 26/05/2020	9:50 04/06/2020																			
307	ST00420	Vaciado F2 Zona Cid	10d, 2h, 39m	12:00 14/02/2020	15:39 02/03/2020																			
308	ST00300	Demolición Muretes y Cabecera	76d, 7h, 2m	12:00 18/02/2020	14:02 15/06/2020																			
309	ST00320	Demolición Muretes y cabecera Zona Portugal - Equipo 1	5d, 3h, 2m	10:00 04/06/2020	14:02 15/06/2020																			
310	ST00530	Demolición Zona Calle	7h, 20m	10:00 04/06/2020	9:20 05/06/2020																			
311	ST00540	Demolición Zona Pabellón	4d, 3h, 2m	10:00 05/06/2020	14:02 15/06/2020																			
312	ST00330	Demolición Muretes y Cabcera Zona Portugal - Equipo 2	5d, 2h	10:00 04/06/2020	12:00 15/06/2020																			
313	ST00340	Demolición Muretes y Cabecera Zona Cid - Equipo 1	8d, 5h, 32m	12:00 18/02/2020	9:32 03/03/2020																			
314	ST00550	Demolición Zona Calle	7h, 20m	12:00 18/02/2020	11:20 19/02/2020																			
315	ST00570	Demolición Zona Pabellón	7d, 5h, 32m	12:00 19/02/2020	9:32 03/03/2020																			
316	ST00790	Demolición Muretes y Cabecera Zona Cid - Equipo 2	8d, 4h, 53m	12:00 19/02/2020	17:53 03/03/2020																			
317	ST00250	Construcción de Viga de Coronación	87d, 5h	12:00 19/02/2020	9:30 02/07/2020																			
318	ST00350	Viga Coronación Zona Portugal - Equipo 1	15d, 2h, 42m	10:00 05/06/2020	10:12 01/07/2020																			
319	ST00355	Viga Coronación Zona P1 Calle	2d, 4h, 41m	10:00 05/06/2020	15:41 09/06/2020																			
320	ST00357	Viga Coronación Zona P1 Pabellón	12d, 5h, 42m	16:00 09/06/2020	10:12 01/07/2020																			
321	ST00360	Viga Coronación Zona Portugal - Equipo 2	15d, 1h	10:00 08/06/2020	9:30 02/07/2020																			
322	ST00370	Viga Coronación Zona Cid - Equipo 1	24d, 6h, 45m	12:00 19/02/2020	10:45 26/03/2020																			
323	ST00580	Viga Coronación Zona C1 Calle	2d, 4h, 18m	12:00 19/02/2020	17:18 21/02/2020																			
324	ST00590	Viga Coronación Zona C1 Pabellón	22d, 1h, 45m	9:00 24/02/2020	10:45 26/03/2020																			
325	ST00390	Viga Coronación Zona Cid - Equipo 2	24d, 4h, 34m	12:00 21/02/2020	17:34 27/03/2020																			
326	ST00800	Colocación de Puntales Provisionales entre Pantallas a cota -1.50	62d, 1h, 18m	9:00 30/03/2020	11:48 03/07/2020																			
327	ST00830	Puntales Cota -1.50 Zona Portugal	1d, 48m	10:00 02/07/2020	11:48 03/07/2020																			
328	ST00940	Puntales Cota -1.50 Zona Cid	1d, 4h, 48m	9:00 30/03/2020	14:48 31/03/2020																			
329	ST00810	Vaciado Fase 3 hasta cota -6.60	94d, 5h, 19m	15:00 31/03/2020	11:49 28/08/2020																			
Project title				Dated				31/07/2019				Drawn by				ALEJANDRO MARTÍN REDONDO				Programme No				
Programme title				Rev No				Rev comments																
Client				Notes																				
Printed: 18:42 01/09/2019																								

	ID	Nombre	Duración	Inicio	Finalizar	jul. 2019		ene. 2020		jul. 2020		oct. 2020		ene. 2021		abr. 2021		jul. 2021						
								oct.				abr.		jul.		oct.		ene. 2021			abr.		jul.	
						wk -3		wk 9		wk 23		abr. wk 36		jul. wk 49		oct. wk 62		wk 75			abr. wk 88		jul. wk 101	
330	ST00840	Vaciado F3 Zona Portugal	34d, 49m	12:00 03/07/2020	11:49 28/08/2020																			
331	ST00850	Vaciado F3 Zona Cid	50d, 1h, 39m	15:00 31/03/2020	9:39 18/06/2020																			
332	ST00950	Ejecución de la Viga Perimetral	69d, 7h, 3m	17:00 25/05/2020	14:03 14/09/2020																			
333	ST00960	Viga Perimetral Zona Portugal - Equipo 1	10d, 1h, 33m	12:00 28/08/2020	14:03 14/09/2020																			
334	ST01130	Viga Perimetral Zona P1 Calle	1d, 5h, 5m	12:00 28/08/2020	11:05 01/09/2020																			
335	ST01190	Viga Perimetral Zona P1 Pabellón	8d, 3h, 33m	12:00 01/09/2020	14:03 14/09/2020																			
336	ST00970	Viga Perimetral Zona Portugal - Equipo 2	9d, 7h, 58m	12:00 28/08/2020	11:28 14/09/2020																			
337	ST01200	Viga Perimetral Zona Cid - Equipo 1	16d, 3h, 45m	17:00 25/05/2020	11:45 19/06/2020																			
338	ST01370	Viga Perimetral Zona C1 Calle	1d, 5h, 4m	17:00 25/05/2020	14:04 27/05/2020																			
339	ST01380	Viga Perimetral Zona C1 Pabellón	14d, 5h, 45m	15:00 27/05/2020	11:45 19/06/2020																			
340	ST01360	Viga Perimetral Zona Cid - Equipo 2	16d, 3h, 30m	17:00 26/05/2020	10:00 22/06/2020																			
341	ST00860	Colocación de Puntales Provisionales entre Pantallas a cota -6.50	45d, 4h, 18m	10:00 18/06/2020	13:48 31/08/2020																			
342	ST00880	Puntales Cota -6.50 Zona Portugal	1d, 48m	12:00 28/08/2020	13:48 31/08/2020																			
343	ST00890	Puntales Cota -6.50 Zona Cid	1d, 5h, 12m	10:00 18/06/2020	16:12 19/06/2020																			
344	ST00870	Vaciado Fase 4 hasta cota -8.05	51d, 2h, 56m	17:00 19/06/2020	17:56 10/09/2020																			
345	ST00900	Vaciado F4 Zona Portugal	7d, 4h, 26m	14:00 31/08/2020	17:56 10/09/2020																			
346	ST00910	Vaciado F4 Zona Cid	11d, 59m	17:00 19/06/2020	11:29 08/07/2020																			
347	ST00920	Ejecución de la Cimentación	76d, 7h, 2m	12:00 08/07/2020	15:32 04/11/2020																			
348	ST00925	Ejecución de las Zapatas y Vigas riostras entre zapatas	49d, 4h, 50m	12:00 08/07/2020	12:20 24/09/2020																			
349	ST01730	Zapatas y Vigas riostras Zona Cid	14d, 7h, 23m	12:00 08/07/2020	12:23 31/07/2020																			
350	ST01720	Zapatas y Vigas riostras Zona Portugal	9d, 3h, 20m	9:00 11/09/2020	12:20 24/09/2020																			
351	ST00980	Capa de encachado	35d, 7h, 47m	13:00 31/07/2020	16:17 25/09/2020																			
352	ST01150	Encachado Zona Portugal	1d, 2h, 17m	14:00 24/09/2020	16:17 25/09/2020																			
353	ST01160	Encachado Zona Cid	1d, 7h, 9m	13:00 31/07/2020	14:09 04/08/2020																			
354	ST00990	Losa de Cimentación	60d, 7h, 2m	14:00 03/08/2020	15:32 04/11/2020																			
355	ST01170	Losa Cimentación Zona Portugal	25d, 6h, 32m	17:00 25/09/2020	15:32 04/11/2020																			
356	ST01180	Losa Cimentación Zona Cid	38d, 3m	14:00 03/08/2020	16:33 30/09/2020																			
357	ST01000	Colocación de Pilares Planta -2	25d	17:00 30/09/2020	17:00 06/11/2020																			
358	ST01010	Pilares P-2 Zona Portugal	2d, 1h	16:00 04/11/2020	17:00 06/11/2020																			
359	ST01020	Pilares P-2 Zona Cid	3d, 2h, 30m	17:00 30/09/2020	10:30 06/10/2020																			
360	ST01030	Colocación de las Vigas Prefabricadas Planta -2	23d, 1h	11:00 06/10/2020	12:00 10/11/2020																			
361	ST01040	Vigas P-2 Zona Portugal	1d, 4h	17:00 06/11/2020	12:00 10/11/2020																			
362	ST01050	Vigas P-2 Zona Cid	2d, 1h, 15m	11:00 06/10/2020	12:15 08/10/2020																			
363	ST01060	Retirada de Puntales de cota -6.50	21d, 7h, 48m	14:00 08/10/2020	12:48 11/11/2020																			
364	ST01080	Retirada Puntales -6.50 Zona Portugal	1d, 48m	12:00 10/11/2020	12:48 11/11/2020																			
365	ST01090	Retirada Puntales -6.50 Zona Cid	1d, 4h, 48m	14:00 08/10/2020	9:48 13/10/2020																			
366	ST01070	Forjado Planta -2	58d, 1h, 50m	10:00 13/10/2020	11:50 12/01/2021																			
367	ST01100	Ejecución de Forjado con Placas Alveolares	47d, 1h, 17m	10:00 13/10/2020	11:17 22/12/2020																			
368	ST01110	Forjado Placas Alveolares P-2 Zona Portugal	26d, 6h, 17m	14:00 11/11/2020	11:17 22/12/2020																			
369	ST01120	Forjado Placas Alveolares P-2 Zona Cid	10d, 5h, 50m	10:00 13/10/2020	16:50 27/10/2020																			
370	ST01140	Ejecución de Forjado In situ	47d, 3h, 50m	17:00 27/10/2020	11:50 12/01/2021																			
371	ST01210	Forjado In Situ P-2 Zona Emparrillado	10d, 7h, 50m	12:00 22/12/2020	11:50 12/01/2021																			
372	ST01220	Forjado In Situ P-2 Zona Cid	19d, 2h, 38m	17:00 27/10/2020	10:38 25/11/2020																			
373	ST01230	Colocación de Pilares Planta -1	30d, 2h	11:00 25/11/2020	13:00 14/01/2021																			
374	ST01240	Pilares P-1 Zona Portugal	2d, 1h	12:00 12/01/2021	13:00 14/01/2021																			
375	ST01250	Pilares P-1 Zona Cid	3d, 2h, 30m	11:00 25/11/2020	14:30 30/11/2020																			
376	ST01260	Retirada de los Puntales de cota -1.50	27d, 7h, 48m	15:00 30/11/2020	14:48 15/01/2021																			

Project title		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM A UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA NODAL		Dated		31/07/2019		Drawn by		ALEJANDRO MARTÍN REDONDO		Programme No		
Programme title				Rev No				Rev comments						
Client				Notes										
Printed: 18:42 01/09/2019														

	ID	Nombre	Duración	Inicio	Finalizar	jul. 2019		ene. 2020		jul. 2020		oct. 2020		ene. 2021		abr. 2021		jul. 2021											
						wk -3		wk 9		wk 23		wk 36		wk 49		wk 62		wk 75		wk 88		wk 101							
377	ST01270	Retirada Puntales Cota -1.50 Zona Portugal	1d, 48m	14:00 14/01/2021	14:48 15/01/2021																								
378	ST01280	Retirada Puntales Cota -1.50 Zona Cid	1d, 4h, 48m	15:00 30/11/2020	10:48 02/12/2020																								
379	ST01290	Colocación de Vigas Prefabricadas Planta -1	27d, 6h, 45m	11:00 02/12/2020	9:45 19/01/2021																								
380	ST01300	Vigas P-1 Zona Portugal	1d, 3h, 45m	15:00 15/01/2021	9:45 19/01/2021																								
381	ST01310	Vigas P-1 Zona Cid	2d, 1h, 15m	11:00 02/12/2020	12:15 04/12/2020																								
382	ST01320	Forjado Planta -1	51d, 5h, 28m	14:00 09/12/2020	10:28 25/02/2021																								
383	ST01330	Ejecución de Forjado con Placas Alveolares	31d, 7h, 3m	14:00 09/12/2020	12:03 28/01/2021																								
384	ST01340	Forjado Placas Alveolares P-1 Zona Portugal	7d, 2h, 3m	10:00 19/01/2021	12:03 28/01/2021																								
385	ST01350	Forjado Placas Alveolares P-1 Zona Cid	11d, 1h, 9m	14:00 09/12/2020	10:09 28/12/2020																								
386	ST01390	Ejecución de Forjado In Situ	40d, 3h, 28m	11:00 28/12/2020	10:28 25/02/2021																								
387	ST01400	Forjado In Situ P-1 Zona Emparrillado	19d, 5h, 28m	14:00 28/01/2021	10:28 25/02/2021																								
388	ST01410	Forjado In Situ P-1 Zona Cid	11d, 3h, 13m	11:00 28/12/2020	10:13 15/01/2021																								
389	ST01420	Relleno hasta zona de Urbanización desde -0.90 hasta +0.80	81d, 3h, 26m	14:00 15/12/2020	10:26 19/04/2021																								
390	ST01430	Relleno Zona Portugal	56d, 6h, 26m	10:00 25/01/2021	10:26 19/04/2021																								
391	ST01440	Relleno Zona Cid	80d, 4h, 2m	14:00 15/12/2020	11:02 16/04/2021																								
392	ST01450	Elementos de comunicación vertical	133d, 5h, 2m	10:00 13/10/2020	9:02 04/05/2021																								
393	ST01460	Rampas Planta -2	20d, 6h, 12m	10:00 19/03/2021	16:12 16/04/2021																								
394	ST01480	Rampa P-2 Portugal	6d, 5h, 57m	10:00 19/03/2021	15:57 29/03/2021																								
395	ST01490	Rampa P-2 Cid Sur	6d, 5h, 12m	11:00 08/04/2021	16:12 16/04/2021																								
396	ST01500	Rampa P-2 Cid Norte	6d, 5h, 13m	13:00 30/03/2021	10:13 08/04/2021																								
397	ST01470	Rampas Planta -1	22d, 2m	16:00 29/03/2021	9:02 04/05/2021																								
398	ST01510	Rampa P-1 Portugal	10d, 1h, 6m	16:00 29/03/2021	10:06 15/04/2021																								
399	ST01520	Rampa P-1 Cid Sur	10d, 1h, 2m	17:00 16/04/2021	9:02 04/05/2021																								
400	ST01530	Rampa P-1 Cid Norte	10d, 1h, 7m	11:00 08/04/2021	12:07 22/04/2021																								
401	ST01540	Escaleras	67d, 48m	10:00 13/10/2020	10:48 25/01/2021																								
402	ST01550	Escalera Portugal	46d, 5h, 48m	14:00 11/11/2020	10:48 25/01/2021																								
403	ST01690	Fase 1 - P-2 a P-1	2d, 7h, 5m	14:00 11/11/2020	12:05 16/11/2020																								
404	ST01700	Fase 2 - P-1 a Cubierta	3d, 5h, 11m	10:00 19/01/2021	16:11 22/01/2021																								
405	ST01710	Fase 3 - Cubierta a Superficie	2h, 48m	17:00 22/01/2021	10:48 25/01/2021																								
406	ST01560	Escalera Cid Sur	42d, 6h, 11m	10:00 16/10/2020	17:11 18/12/2020																								
407	ST01740	Fase 1 - P-2 a P-1	2d, 7h, 5m	10:00 16/10/2020	9:05 21/10/2020																								
408	ST01750	Fase 2 - P-1 a Cubierta	3d, 5h, 11m	11:00 15/12/2020	17:11 18/12/2020																								
409	ST01760	Fase 3 - Cubierta a Superficie	2h, 48m	15:00 15/12/2020	17:48 15/12/2020																								
410	ST01570	Escalera Cid Norte	42d, 3h, 48m	10:00 13/10/2020	14:48 15/12/2020																								
411	ST01770	Fase 1 - P-2 a P-1	2d, 7h, 5m	10:00 13/10/2020	9:05 16/10/2020																								
412	ST01780	Fase 2 - P-1 a Cubierta	3d, 5h, 11m	14:00 09/12/2020	10:11 15/12/2020																								
413	ST01790	Fase 3 - Cubierta a Superficie	2h, 48m	11:00 15/12/2020	14:48 15/12/2020																								
414	ST01580	Urbanización	67d, 30m	11:00 15/04/2021	12:00 27/07/2021																								
415	ST01590	Acerado y Bordillos	54d, 5h, 53m	11:00 15/04/2021	11:23 07/07/2021																								
416	ST01600	Acerado y Bordillos Zona Portugal	22d, 3h, 42m	11:00 15/04/2021	15:42 18/05/2021																								
417	ST01610	Acerado y Bordillos Zona Cid	49d, 3h, 53m	14:00 22/04/2021	11:23 07/07/2021																								
418	ST01620	Firmes	59d, 7h, 56m	11:00 22/04/2021	9:26 23/07/2021																								
419	ST01630	Firmes Zona Portugal	59d, 7h, 56m	11:00 22/04/2021	9:26 23/07/2021																								
420	ST01640	Firmes Zona Cid	18d, 7h, 23m	14:00 08/06/2021	13:53 06/07/2021																								
421	ST01650	Edificios de Acceso	12d, 7h	14:00 06/07/2021	12:00 27/07/2021																								
422	ST01660	Accesos Portugal	2d	10:00 23/07/2021	12:00 27/07/2021																								
423	ST01670	Accesos Cid Sur	2d	9:00 09/07/2021	11:00 13/07/2021																								
Project title					Dated					31/07/2019					Drawn by					ALEJANDRO MARTÍN REDONDO					Programme No				
Programme title					Rev No					Rev comments																			
Client					Notes																								
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM A UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA NODAL																													

	ID	Nombre	Duración	Inicio	Finalizar	jul. 2019					ene. 2020					ene. 2021																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
						wk -3					wk 9					wk 23						wk 36					wk 49					wk 62					wk 75					wk 88					wk 101																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
424	ST01680	Accesos Cid Norte	2d	14:00 06/07/2021	9:00 09/07/2021																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													